

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département des Sciences Alimentaires  
Spécialité qualité des produits et sécurité alimentaire

Réf : .....

Mémoire de Fin de Cycle  
En vue de l'obtention du diplôme

**MASTER**

*Thème*

**Formulation d'une pâte alimentaire enrichie  
en safran - *Crocus sativus* : cas des  
tagliatelles**

Présenté par :

**BERRI Lynda & DJEMAI Kenza**

Soutenu le : **30 Septembre 2021**

Devant le jury composé de :

M. CHIKHOUNE Amirouche

MCA

Président

M. KATI Djamel Edine

Professeur

Encadreur

M. BACHIR BEY Mostapha

MCA

Examineur

**Année universitaire : 2020 / 2021**

## Remerciements

Avant toutes choses, nous remercions Allah le tout puissant, pour nous avoir donné la force et la patience pour accomplir ce modeste travail.

Notre respect le plus profond s'adresse au président de jury, Monsieur CHIKHOUNE Amirouche pour avoir accepté de présider le jury de notre modeste travail. Que vous soyez assuré de nos entières reconnaissances.

Nos sincères remerciements vont également à Monsieur BACHIR BEY Mostapha. Nous vous remercions vivement de nous faire l'honneur de consacrer une partie de votre temps précieux pour examiner ce modeste travail.

Nous tenons à exprimer toutes notre reconnaissance et notre gratitude à notre encadreur, Monsieur KATI Djamel Edine, vous nous avez fait le très grand honneur de diriger ce travail et de nous guider tout au long de son élaboration.

Nos remerciements s'adressent également à Madame Tazrart Karima qui a bien voulu partager son expérience de recherche dans la formulation des pâtes alimentaires, ainsi que Mr TOUABTIA, responsable de l'entreprise des pâtes ROYALE pour son accueil au sein de son entreprise et sa gentillesse  
Et bien sûr nos chers familles et amis pour leur soutien moral.



# Table de matières

---

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction..... 1

## Synthèse bibliographique

### **Chapitre 1 : Généralités sur le safran**

1.1. Historique et origines.....	2
1.2. Description botanique et classification.....	2
1.3. Description géographique.....	3
1.4. Marché mondial et en Algérie .....	3
1.5. Types de safrans .....	4
1.6. Qualité du safran .....	4
1.7. Utilisation du safran.....	5
1.7.1. Usage culinaire.....	5
1.7.2. Usage médicinale.....	5

### **Chapitre 2 : Composition chimique du safran**

2.1. Composition chimique.....	6
2.2. Principaux composants bioactifs du safran.....	6
2.2.1. Crocine.....	7
2.2.2. Picrocrocine.....	8
2.2.3. Safranal.....	9

### **chapitre 3 : Pâtes alimentaires**

3.1. Définition des pâtes alimentaires.....	10
3.2. Composition des pâtes alimentaires .....	10
3.3. Classification des pâtes alimentaires .....	12

# Table de matières

---

3.4.	Etapes de fabrication des pâtes .....	12
3.5.	Enrichissement des pâtes alimentaires .....	13
3.6.	Qualité des pâtes alimentaires .....	13

## Partie expérimentale

### Chapitre 01 : Matériels et méthodes

<b>1.1.</b>	<b>Modalités expérimentales .....</b>	<b>15</b>
<b>1.2.</b>	<b>Préparation de l'échantillon .....</b>	<b>15</b>
<b>1.3.</b>	<b>Caractérisation culinaires des pâtes alimentaires .....</b>	<b>17</b>
1.4.	Caractérisation physico-chimique des pâtes alimentaires enrichies .....	18
1.5.	Dosage des molécules bioactives du safran dans les pâtes alimentaires .....	20
1.6.	Potentiel antioxydant des pâtes alimentaires enrichies .....	21

### Chapitre 02 : Résultats et discussions

2.1.	Caractérisation Culinaire des pâtes alimentaires : .....	26
2.1.1.	Pertes à la cuisson .....	26
2.1.2.	Temps optimal de cuisson .....	26
2.1.3.	Absorption d'eau .....	26
2.2.	Composition chimique des pâtes alimentaires .....	28
2.2.1.	Humidité .....	28
2.2.2.	Teneur en cendres .....	29
2.3.	Test de piégeage du radicale libre DPPH .....	30
2.4.	Composés bioactifs du safran .....	32

<b>Conclusion .....</b>	<b>36</b>
-------------------------	-----------

### Références

### Résumé

# Liste des figures

---

<b>Figure 01:</b> Types du safran.....	4
<b>Figure 02:</b> Biosynthèse de la crocétine, la crocine, la picrocrocine et du safranal à partir du clivage oxydatif de la zéaxanthine .....	7
<b>Figure 03:</b> Structure chimique de la crocine .....	8
<b>Figure 04:</b> Structure chimique de la picrocrocine .....	9
<b>Figure 05:</b> Structure chimique du safranal .....	9
<b>Figure 06 :</b> Stigmates de safran (a) et solution safranée (b).....	15
<b>Figure 07:</b> Diagramme de fabrication des pâtes alimentaires .....	16
<b>Figure 08 :</b> Couleur des pâtes en fonction des taux de safran ajouté.....	17
<b>Figure 09:</b> l'eau de cuisson.....	18
<b>Figure 10:</b> Protocole de détermination de la teneur en humidité .....	19
<b>Figure 11:</b> Protocole de détermination de la matière minérale .....	20
<b>Figure 12:</b> Protocole de dosage des molécules actives du safran.....	21
<b>Figure 13:</b> Protocole d'évaluation activité anti-radicalaire .....	21
<b>Figure 14 :</b> Pertes à la cuisson des pâtes alimentaires enrichies.....	26
<b>Figure 15:</b> Temps optimal de cuisson des pâtes alimentaires .....	27
<b>Figure 16:</b> Indice de gonflement des pâtes alimentaires .....	28
<b>Figure 17:</b> Taux d'humidité des pâtes alimentaires.....	29
<b>Figure 18:</b> Teneurs en cendres des pâtes alimentaires.....	30
<b>Figure 19:</b> Pourcentage d'inhibition de DPPH.....	31
<b>Figure 20 :</b> Absorbances spécifiques des pâtes alimentaires.....	33

# Liste des tableaux

---

## Liste des tableaux

<b>Tableau I :</b> Classification taxonomique du safran -----	2
<b>Tableau II:</b> Composition chimique du safran (% massique) -----	6
<b>Tableau III :</b> Composition chimique de la semoule, teneur en % de matière sèche -----	11
<b>Tableau IV:</b> Composition biochimique des pâtes alimentaires -----	11
<b>Tableau V :</b> Composition chimique de l'eau de table -----	16
<b>Tableau VI :</b> Valeurs des IC50 et les activités antiradicalaires ----	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
<b>Tableau VII:</b> La spécification chimique -----	32
<b>Tableau VIII :</b> Résultats des absorbances spécifiques obtenues dans l'extrait du safran -----	32

# Liste des abréviations

---

**TOC** : Temps Optimal de Cuisson

**PC**: Pertes à la Cuisson

**AOAC** : Association of Official Analytical Chemists

**FAD** : Food and Agriculture organisation

**OMS** : Organisation mondiale de la santé

**AE** : absorption d'eau

**IC<sub>50</sub>** : Concentration inhibitrice médiane

**IG**: Indice de gonflement

**TH**: Taux d'humidité

**MS**: Matière sèche

**PI**: pourcentage d'inhibition

**ISO**: Organisation nationale de normalisation

**AOP**: Appellation d'origine protégée

**IGP**: Indication géographique protégée

# *Introduction*



# Introduction

---

## Introduction

L'alimentation des pays méditerranéens est un modèle pour la santé. En effet, selon des études épidémiologiques, elle participerait à la prévention des diverses maladies telles que les maladies cardiovasculaires, le diabète de type 2, le cancer et l'obésité (**Jones ,2006 ; Henry et al., 2007**). Parmi les aliments que compose le régime méditerranéen on note les céréales représentées par les blés et aussi des légumineuses. (**Petitot et al., 2009**). Leur acceptation dans le monde entier est attribuée à leur faible coût, la facilité de préparation, les attributs sensoriels polyvalents, leur longue durée de conservation et la facilité de transport (**Riley, 1987**).

L'OMS et la FDA considèrent les pâtes comme un véhicule adéquat pour l'incorporation de nutriments dans le but d'améliorer les qualités nutritionnelles ou sensorielles de ces produits, et ceci est dû principalement à leur large consommation, faible contenu en lipides et en fibres et de la faible valeur biologique de leurs protéines, liée en grande partie à leur pauvre apport en lysine (**Giménez et al., 2013**). Cela permet d'utiliser des matières premières non traditionnelles pour améliorer la qualité nutritionnelle des pâtes (**Brennan et al., 2004, Chillo et al., 2008**)

Les pâtes alimentaires sont des produits à consommation courante dans de nombreux pays (**Wagner et al., 2015**). Plusieurs pâtes traditionnelles sont préparées à base de semoule occupent une place importante dans le régime alimentaire des algériens. Elles sont largement consommées et appréciées. Ces pâtes alimentaires se présentent sous plusieurs types dont l'appellation diffère selon la recette, le mode de préparation, la forme et la technique de cuisson.

Le safran, l'épice la plus chère au monde provient de l'espèce *Crocus sativus* L. qui est une plante médicinale appartient à la famille des Iridacées. Il est cultivé et produit principalement en Iran, en Grèce, au Maroc, en Inde, en Espagne et en Italie. Le safran est considéré par certaine civilisation comme divin et depuis longtemps apprécié pour son effet médicinal, aromatique (parfums), artistique (colorants) et ses utilisations culinaires (**Lunsford et Zenger, 2009**)

Face à ce constat, notre étude se propose de réaliser un enrichissement des pâtes alimentaires avec l'extrait de *Crocus sativus* L. Ce travail comporte deux grandes parties. Dont la première est consacrée à la synthèse bibliographique qui résume les origines, caractéristiques, composition chimique et utilisations du safran ainsi pour les pâtes alimentaires. La seconde partie concerne la partie expérimentale dont la première section est consacrée aux matériel et méthodes utilisés et la deuxième regroupe les différents résultats obtenus ainsi que leurs discussions concernant les analyses physicochimiques et les tests culinaires. Le travail s'achève par une conclusion et quelques perspectives.

# *Chapitre 01*

Généralités sur le safran

## Chapitre 1 : Généralités sur le safran

### 1.1. Historique et origines

Historiquement, le mot safran remonte à 10000 ans, il dérive du mot “zarparan“ dans la langue dari qui signifie que les stigmates de la fleur vaut la même chose que l’or comme un métal précieux et cher et ce mot a évolué pour le « safran » plus tard (**Katawazy , 2013**)

Les historiens avance que le safran serait cultivé avec une production localisée à Derbent, Ispahan et Transoxiane. Suit à cela le safran aurait été transporté en chine, en Inde et aux Pays du Moyen-Orient, et à partir de ces pays la culture du safran aurait été introduite en Afrique de nord aux environs du 9e siècle par les Arabes, qui à son tour la diffuse en Espagne (**Large et al., 2007**). Entre 1600\_1700 avant J\_C, le safran a été déjà trouvé sur une fresque du palais de Minosen en Crète, représentant des personnages le cueillant (**Algrech, 2001**).

Plus tard, la culture est apparue en Europe occidentale et en Algérie durant l’invasion française. Il a fait l’objet de recherches scientifiques poussées en raison de ses propriétés médicinales, notamment ses effets anticancéreux et antioxydants (**Abdullaev, 2007**).

### 1.2. Description botanique et classification

Le *Crocus sativus* est une plante triploïde stérile, herbacée, vivace à floraison automnale (**Rubio-Moraga et al., 2009**). Elle atteint 10 à 25 cm de hauteur et se développe à partir des bulbes. Le bulbe est un organe souterrain qui accumule les substances de réserve nécessaires à la floraison et au bourgeonnement (**Alonso Diaz-Marta et al., 2006**). Elle possède de grandes fleurs voyantes de couleur violette ou pourpre-violacée connues sous le nom de « rose du safran » (**Lachaud, 2012**).

Le genre *Crocus* comprend plus de 80 espèces de plantes bulbeuses de petites tailles. *Crocus sativus* L. est l’espèce la plus fascinante ; c’est la seule qui produit le safran (**Chahine, 2014**). Il existe deux groupes de crocus : les crocus à floraison automnale comme *Crocus sativus* L. et les crocus à floraison printanière tels que *Crocus vernus* (**Palomares, 2015**). La classification taxonomique du safran est représentée dans le tableau I.

La classification botanique du *Crocus sativus* L. est comme suit :

**Tableau I : Classification taxonomique du safran (Srivastava et al., 2010)**

Règne	Végétal
Division	Spermatophyte
Sous-division	Angiosperme
Classe	Monocotylédone
Sous-classe	Corolifère
Ordre	Liliales
Famille	Irridaceae
Genre	<i>Crocus</i>
Espèce	<i>Crocus sativus</i>

### 1.3. Description géographique

Le *Crocus Sativus* est cultivé dans de nombreux environnements caractérisés par des conditions pédoclimatiques différentes et sa production mondiale est estimée à 418 t (Statistiques agricoles, 2018). Il est largement cultivé en Iran, en Inde, en Afghanistan, en Grèce, au Maroc, en Espagne et en Italie.

L'Iran est considéré comme le plus grand producteur au monde, avec 90 % de la production. En outre, la production iranienne de safran a augmenté au cours de la dernière décennie, passant de 230 t en 2007 à 376 t en 2017. En 2017, le rendement moyen est de 3,53 kg/ha (Koocheki et al., 2019).

### 1.4. Marché mondial et en Algérie

Le safran est connu pour être l'épice la plus chère au monde. Son prix varie de 30€ à 40€ le gramme : c'est pourquoi il est appelé l'or rouge (AbdallahBerrabah et Allal, 2017).

L'Iran et l'Espagne ont occupé respectivement la première et la deuxième position dans l'exportation de safran. La Grèce occupe actuellement la troisième position (Koocheki et al., 2020). Il est à noter que l'exportation de safran depuis l'Espagne, la France et la Suisse ne concerne pas ou peu la production nationale, il s'agit de ré-export après le conditionnement du safran importé, principalement d'Iran (Dubois, 2010).

L'Arabie saoudite, les Emirats du Golfe et les Etats Unis sont les plus grands importateurs du safran (Negbiet al., 1999). Les échanges internationaux formels concernent essentiellement le safran de haute qualité certifié par un organisme de contrôle international. Plusieurs labels sont rencontrés dans le marché pour le safran : *ISO standards, AOP ; IGP, Label Biologique, ...* (Dubois, 2010)

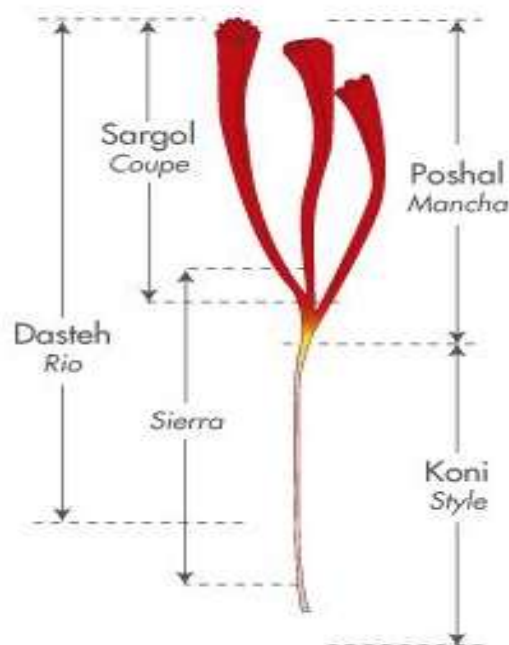
En Algérie, la culture du safran existe dans 25 wilayas, à l'Ouest, mais surtout dans les Hauts Plateaux et au Sud. Les plus grandes superficies sont plantées à Khenchela, suivie de

Ghardaïa puis Oran. (Nacer, 2018). La quantité produite à travers le territoire national algérien atteint environ 10 à 15 kg de safran pur, une quantité appelée à augmenter dans les années à venir (Loukil, 2018).

## 1.5. Types de safrans

Selon la figure 01 il existe quatre types de safran selon l'opération d'émondage :

- Safran de type Poshal –NeginPoshal (Iran) ou Mancha (Espagne) : Coupe faite après l'union des stigmates avec petite partie du style. Il est présenté en pistils, impossible à imiter.
- Safran de type Sargol (Iran) ou Coupe : Stigmates et n'inclut pas de style. Appelé aussi « All Red ». Malheureusement facile à imiter et falsifier.
- Safran de type Dasteh (Iran) ou Rio (Espagne) : Tout le pistil de la fleur, stigmates et style, proposé en petits bouquets.
- Safran de type Sierra (Espagne) : On garde le style et une petite partie des stigmates. Les caractéristiques sont bien moindres, couleur dominante jaunâtre (Negbi, 1999).



**Figure 01:** Types du safran (Negbi, 1999).

## 1.6. Qualité du safran :

Plusieurs pays possèdent leurs propres normes de qualité du safran, dont la France avec les normes NF V32-120-1 et NF V32-120-2, et l'Iran avec la norme ISIRI 259-2 (Lachaud *et al.*, 2012). Afin d'uniformiser au niveau mondial la classification du safran, l'organisation

internationale de normalisation a établi diverses catégories standards de safran regroupées sous les normes ISO 3632.

Les safrans de qualité plus supérieure sont classés en catégorie I (**ISO 3632-2, 2010**). ISO 3632 propose trois classes I, II et III fixées en fonction de l'intensité de la couleur, du goût et du pouvoir aromatique. Cette classification repose aussi sur son taux d'humidité, sa teneur en cendres (**Birouket et al., 2011**).

**Poggi et al. (2010)** ont observé une amélioration de la qualité du safran obtenu à partir de cormes conservés dans des conditions d'incubation conformes à la norme ISO 3632:2011, sans toutefois préciser les durées d'incubation pour lesquelles ces résultats ont été obtenus. La qualité du safran est fortement influencée par la présence de ses trois composés majeurs (crocine, picrocrocine et safranal). Les études liées à l'influence du safran sur la santé humaine sont en expansion en raison des propriétés antioxydantes du safran, principalement grâce à sa teneur en caroténoïdes. Différentes conditions environnementales (température, sécheresse, altitude, et UV) peuvent influencer la concentration de caroténoïdes dans le safran (**Zarinkamar et al., 2011**).

## 1.7. Utilisation du safran

### 1.7.1. Usage culinaire

Pour le grand public, le safran est surtout connu comme une épice que l'on incorpore à de nombreux plats. Il est trouvé dans des mets salés ou sucrés, lors de repas ordinaires ou festifs. Le safran est utilisé dans l'industrie alimentaire pour teindre et parfumer différents plats (par exemple, la "paella" en Espagne, le "risotto milanais" en Italie, les brioches "Lussekatter" en Suède) et les boissons alcoolisées en raison de ses capacités colorante, de saveur et d'arôme (**Mzabri et al., 2019**).

### 1.7.2. Usage médicale

Le safran est considéré comme un remède naturel en médecine traditionnelle depuis l'antiquité. Plusieurs essais cliniques démontrent que l'extrait de safran possède un effet cytotoxique contre les cellules cancéreuses, anti-inflammatoire, anticonvulsif, antidépresseur et améliore également la mémoire et l'apprentissage et augmente le flux sanguin dans la rétine et la choroïde. (**Hosseinzadeh et al., 2012 ; Bolhassani et al., 2014 ; Razak et al., 2017 ; Bagur et al., 2018**). le safran est très convoité par la communauté scientifique notamment en raison de sa richesse en composants antioxydants (**Gresta et al., 2008**).

De nombreuses études ont été rapportées sur les avantages thérapeutiques liés à la consommation de safran et aussi pour son utilisation dans la médiation de divers troubles de santé (**Moghaddasi, 2010 ; Ghasemi et al., 2015 ; Pitsikas, 2015 ; Khorasany et Hosseinzadeh, 2016**).

La crocine est le composant le plus actif du safran et agit comme un agent thérapeutique contre le cancer. Elle joue un rôle dans la régulation de l'expression des gènes et l'apoptose dans les cellules cancéreuses (**Zhao et al., 2008**). La crocine neutralise efficacement l'augmentation des niveaux de sérum médiateurs inflammatoires enzymatiques et non enzymatiques, probablement grâce à sa nature antioxydante (**Hemshkhar et al., 2012**).

# *Chapitre 02*

Composition chimique de  
safran





## Chapitre 2 : Composition chimique du safran

### 2.1.Composition chimique

Les composés du safran sont nombreux ; le tableau II récapitule sa composition chimique.

**Tableau II :** Composition chimique du safran (% massique) (**Dharmananda, 2005**).

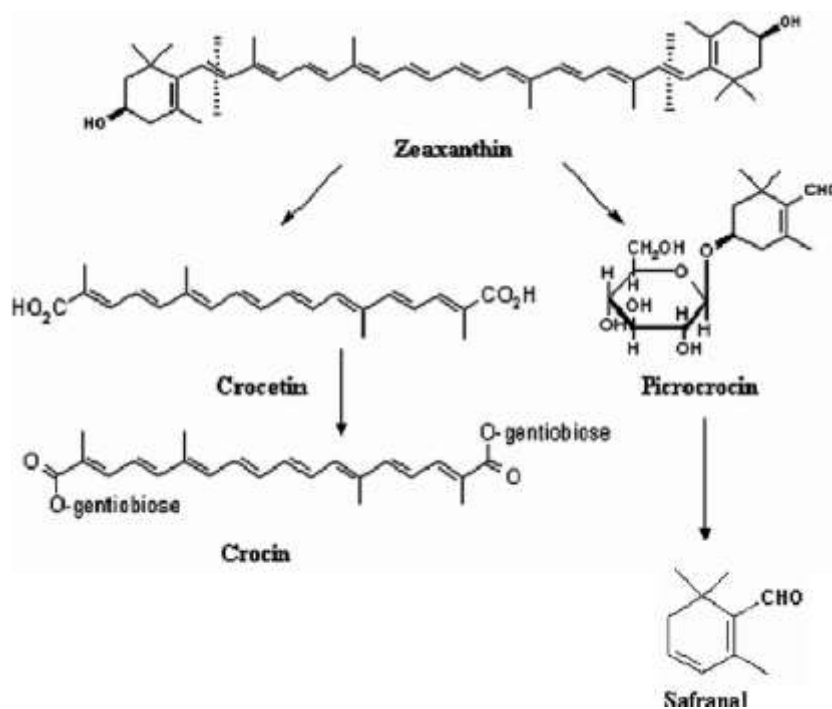
Composant	Masse (%)
Glucides	12,0-15,0
Eau	9,0-14,0
Polypeptides	11,0-13,0
Cellulose	4,0-7,0
Lipides	3,0-8,0
Minéraux	1,0-1,5
Divers non-azotés	40,0 – 41,3

Il est aussi intéressant de constater l'importance de la fraction des composants divers non-azotés qui renferment d'ailleurs la majeure partie des molécules bioactives du safran (crocine, picrocrocine et safranal). Concernant les minéraux, **D'Archivio et al., (2014) ; Jadouali et al., (2018)** confirment que des minéraux essentiels tels que le magnésium, le fer, le cuivre, le calcium et le zinc sont également présents dans les stigmates de *C. sativus*.

### 2.2.Principaux composant bioactifs du safran

Les quatre principaux composés bioactifs du safran sont la crocétine, la crocine, la picrocrocine et le safranal (**Liakopoulou et al., 2002**), tous contribuant non seulement au profil sensoriel du safran : couleur, goût et arôme, respectivement, mais aussi aux propriétés favorables à la santé ( **Gregory et al., 2005**)

Les stigmates du safran contiennent 3 composantes clés, la crocine responsable de la couleur caractéristique du safran (c'est des caroténoïdes hydrosolubles), la picrocrocine responsable du goût amer et la safranal qui est un arôme typique du safran (c'est une huile essentielle) (**Mashmoul et al., 2013**). la biosynthèse des substances bioactives du safran sont présentés dans la figure 02 :



**Figure 02 :** Biosynthèse de la crocétine, la crocine, la picrocrocine et du safranal à partir du clivage oxydatif de la zéaxanthine (**Begoin, 2005**).

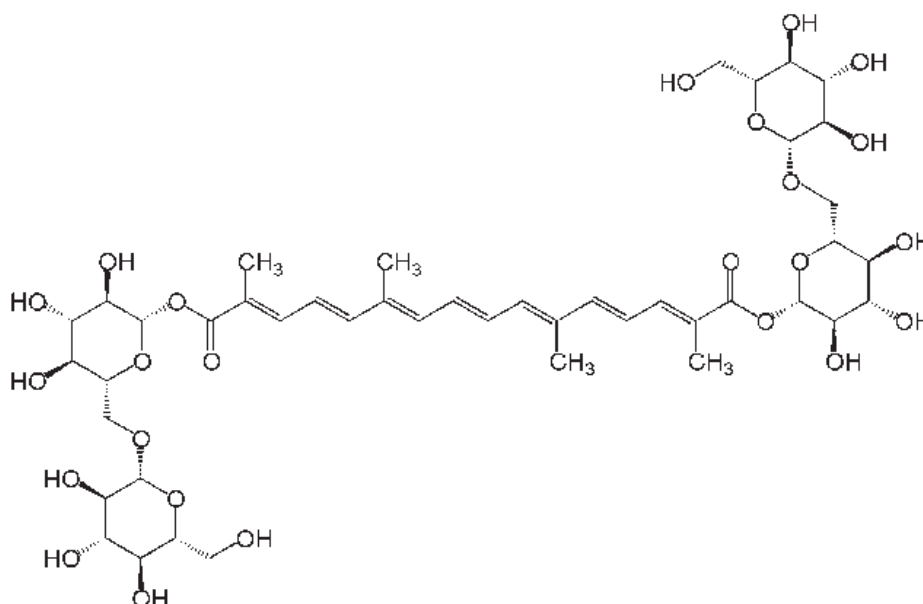
### 2.2.1. Crocine

#### 1. Définition

La crocine est le nom général d'esters mono- et di-glycosyliques d'un acide dicarboxylique nommé crocétine qui est à son tour dérivé de la zéaxanthine (**Mehrnia et al., 2017**). En raison de leurs sucre, ces composés sont très solubles dans l'eau et présentent une activité antioxydante (**Melhnia et al., 2016, 2017**). La crocine est le principal colorant du *Crocus sativus* comme l' $\alpha$ -crocine qui est connu aussi sous le nom IUPAC (**Palomares, 2015**).

La crocine un diester formé à partir du disaccharide gentiobiose et l'acide dicarboxylique (la crocétine), via une réaction d'estérification des sucres de types glucosyle, gentiobiosyle, 3- $\beta$ -D glucosyle, néapolitanosyle (**Begoin, 2005**). La crocines constitue le majeur composant actif du safran et l'unique caroténoïde hydrosoluble dans la nature (**Christodoulou et al., 2015**). En raison de sa solubilité dans l'eau, la crocine est très utilisée en alimentaire et en pharmaceutique comme colorant, voir d'autres applications (**Alonso et al., 1990**).

## 2. Structure chimique : représentée sur la figure 03



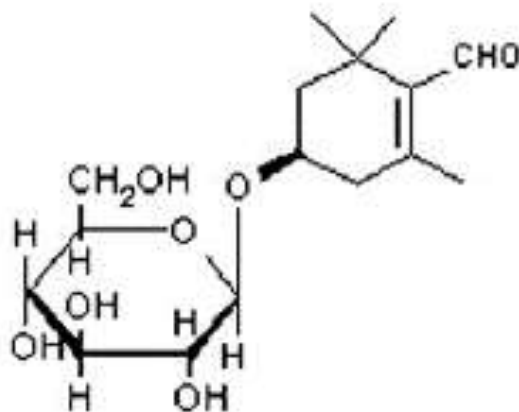
**Figure 03** : Structure chimique de la crocine (Ordoudi et Tsimidou, 2004)

## 3. Propriétés

Les crocines sont polaires, solubles dans l'eau seule, dans le mélange eau/éthanol ; et aussi dans le mélange eau/méthanol (Alonso *et al.*, 2000). Les crocines ont une activité optimale à 40°C, sont naturellement présentes sous forme trans (la configuration la plus stable), mais un léger chauffage entraîne une isomérisation vers la configuration cis, moins colorée (Begoïn, 2005). Comme elles sont sensibles à la lumière et absorbent à 440 nm (Gregory *et al.*, 2005), sensible aux pH bas (Bathaie *et al.*, 2014), se dégradent dans des humidités élevées (Atyane *et al.*, 2017 ; Chaouqiet *et al.*, 2018). Les crocines ont une activité anti-oxydante (Christodoulou *et al.*, 2015) et une stabilité vis-à-vis les conservateurs (Begoïn, 2005). La crocine est en fait l'acide 8,8-diapocarotène-8,8-dioïque, avec une formule chimique : C<sub>44</sub>H<sub>70</sub>O<sub>28</sub> et un poids moléculaire de 976,96 g/mol (Samarghandian et Borji, 2014).

### 2.2.2. Picrocrocine

Il s'agit en fait d'un mono terpène glycosylé, issu de la dégradation d'un caroténoïde zéaxanthine et précurseur d'un autre composé chimique important : le safranal (Melnyket *et al.*, 2010). La picrocrocine (C<sub>16</sub>H<sub>26</sub>O<sub>7</sub>) est composée d'un mono terpène, d'un hydroxyle triméthylcyclohexènedicarboxaldéhyde (HTCC), qui est glycosylé avec le glucose et également un produit de la dissociation de la zéaxanthine (Lozano *et al.*, 2000). la structure est représentée sur la figure 04.



**Figure04** : Structure chimique de la picrocrocine (Palomares, 2015).

### 2.2.3. Safranal

Le safran contient 0,4 à 1,3 % d'huile essentielle, c'est un aldéhyde aromatique et composé majoritaire de la fraction volatile du safran ( figure 05) ; il représente 82,82 % de cette fraction (Palomares, 2015). Le safranal (C<sub>10</sub>H<sub>14</sub>O), est le résultat de la dégradation thermique ou enzymatique de la picrocrocine (Esfanjani et al., 2015). La quantité de ce composé est négligeable dans le safran frais, mais elle augmente pendant le séchage et le stockage (Lozano et al., 1999).



**Figure 05** : Structure chimique du safranal (Bolhassani et al., 2014)



# *Chapitre 03*

Pâtes alimentaires

## 1. Chapitre 3 : Pâtes alimentaires

### 1. Définition des pâtes alimentaires

En Algérie, la consommation de divers types des pâtes (industrielles et traditionnelles) est fréquente à raison d'une fois par semaine dans l'alimentation des ménages selon **Bensalem et al., (2014)**. Ainsi l'Algérie ne fait pas exception car les pâtes sont l'un des aliments de base les plus populaires dans de nombreux pays. En raison de la teneur élevée en hydrates de carbone complexes, les pâtes alimentaires sont une source d'énergie précieuse dans l'alimentation humaine (**Sęczyk et al., 2016**).

Avant leur industrialisation les pâtes alimentaires sont d'abord produites traditionnellement à base de céréales consommés dans le monde entier en raison de leur saveur, leur faible coût et leur valeur nutritive (**Chillo et al., 2008 ; Simonato et al., 2015**)

### 2. Composition des pâtes alimentaires

#### Semoule du blé

La semoule de blé dur est le produit obtenu à partir des grains de blé dur (*Triticum durum* Desf.) par procédés de mouture ou de broyage au cours desquels le son et le germe sont essentiellement éliminés, le reste étant broyé à un degré de finesse adéquat. La semoule complète de blé dur est préparée par procédé de broyage similaire, mais le son et une partie du germe sont préservés (**Codex, 1991**). Elle permet d'obtenir une pâte alimentaire satisfaisante pour la consommation du point de vue organoleptique (**Trentesaux, 1993**).

Le blé dur est l'une des céréales les plus largement cultivées dans la région méditerranéenne et elle est la source principale de la semoule pour la production des pâtes, couscous et pains à base de semoule (**Raffio et al., 2003**). Selon **Roudaut et Lefrancq (2005)**, la semoule est classée en fonction du diamètre des tamis (fin, moyen, gros).

La qualité technologique d'une semoule pour la fabrication des pâtes alimentaires est définie par son aptitude à donner des produits finis dont l'aspect et la qualité culinaire répondent aux désirs des consommateurs. Ces deux caractéristiques sont influencées par la composition biochimique et l'état physique (granulométrie) des semoules (**Abecassis, 1991**).



## Composition de la semoule

La composition chimique de la semoule est représentée dans le tableau III

**Tableau III :** Composition chimique de la semoule, teneur en % de matière sèche (Selset, 1991).

composition	Glucides	Matières azotés	Matières grasses	Matières minérales
Teneurs(%)	83,55-90,35	8-14	1,2-1,8	0,45-0,65

## Eau

L'eau joue un rôle essentiel. Elle sert à hydrater la semoule, rassembler, coller ensemble, gonfler toutes les particules d'amidon qui la composent. Dès que le gluten est imbibé d'eau, il deviendra élastique et pourra jouer son rôle agglutinant (Trentesaux, 1993). Selon de nombreuses observations faites par les industriels, il ressort que la qualité de l'eau utilisée au cours de l'embâlage peut exercer une influence non négligeable sur l'aspect et le comportement des produits finis au cours de la cuisson. Des eaux de faible dureté, hydrotimétrique sont généralement recommandées (Feillet, 2000). La composition biochimique des pâtes alimentaires est représentée dans le tableau IV.

**Tableau IV :** Composition biochimique des pâtes alimentaires (Mohtadji-Lamballais, 1989 ; Sissons, 2004)

Eléments	Teneurs (/100g de pâtes)
Calories (Kcal)	335-350
Eau (g)	8.6-12.5
Protéines (g)	12-12.8
Glucides (g)	74-76.5
Lipides (g)	1.2-1.8
Fibres (g)	2-3
Minéraux	
Calcium (mg)	22-25
Fer (mg)	1.5-2.1
Phosphore (mg)	165-190
Potassium (mg)	220-260
Sodium (mg)	2-4
Vitamines	
Thiamine (mg)	0.09-0.22
Riboflavine (mg)	0.06-0.31
Niacine (mg)	2-3.1
Vitamine B6 (µg)	0.15-0.2
Folacine (µg)	30-36

## 3. Classification des pâtes alimentaires

les pâtes alimentaires sont classées en deux groupes selon les machines utilisées pour leur fabrication (**Renaudin, 1951 ; Tremoliere et al., 1984 et Boudreau et al., 1992**)

### Pâtes extrudées

Sont préparées à l'aide de presse munie de filières qui forment les pâtes longues comme le macaroni et le spaghetti ainsi que les pâtes coupées ou courte comme les bagues, les coudes divers et certaines pâtes à potage.

### Pâtes laminées

Elles sont préalablement fabriquées par des presses munies d'une filière à fente ou par des malaxeurs spéciaux capables de produire des pâtes sous forme de feuille large et mince. Les pâtes entrant dans cette catégorie sont les pâtes à potage, les pâtes en ruban, les pâtes à farcir et autre pâtes.

## 4. Etapes de fabrication des pâtes

La production de pâtes est un processus composé de trois étapes principales : l'hydratation, l'extrusion et le séchage (**Veladat et al., 2012**).

- a. **Mouture** : La première étape vers la fabrication des pâtes est la mouture du blé dur pour obtenir de la semoule. Le blé dur est recuit jusqu'à une humidité d'environ 15-16 % pendant 4h pour durcir le son (**Sissons, 2004**). Le passage à travers les lamineries est alterné avec des phases de tamisage effectuées par les tamis plans et les purificateurs (**Belitz et al. 2009**). Le produit qui sort des tamis plans est ensuite transporté par des dispositifs de transport pneumatiques, aux autres phases du processus de fraisage (**Belitz et al., 2009**).
  - b. **Le malaxage** : Les pâtes alimentaires sont fabriquées en mélangeant de l'eau, éventuellement de la semoule dans un malaxeur (**Brahimi, 2014**). Les œufs ou tout autre ingrédient optionnel peuvent également être ajoutés (**Tazart, 2015**). Le mélange des constituants des pâtes s'effectue dans un malaxeur qui tourne à 120 tours/min pendant 20 minutes (**Petitot et al., 2010**).
  - c. **Formage ou façonnage** : Selon **Abecassis et al., (1994)** le façonnage des pâtes est assuré soit par laminage, soit par extrusion.
- ❖ **Extrusion** : La pâte est forcée à travers une matrice sous vide à haute pression (80-120 kg/cm) pour donner aux pâtes la forme désirée par développement de la pâte. La vrille d'extrusion non seulement force la pâte à travers le moule, mais également pétrit la pâte en une masse homogène, contrôle le taux de production et influence la qualité globale du produit fini (**Sissons, 2004**). Après extrusion, les pâtes sont directement

sujettes à un courant d'air chaud pour minimiser le collement des franges. Les franges entrent ensuite dans le pré-séchoir (Sissons, 2004)

- ❖ **Laminage** : Dans le processus de laminage, la pâte est pétrie et laminée en feuille entre deux cylindres rotatifs, trois à cinq paires de rouleaux sont utilisés jusqu'à ce que la feuille atteigne l'épaisseur désirée. La feuille est ensuite coupée en brins de largeur et de longueur souhaitée (Petitot et al., 2009).
- d. **Séchage** : Le séchage stabilise les qualités de la matière première et des traitements mécaniques précédents. Il ne doit altérer ni la forme ni l'aspect des pâtes (Boudreau et al., 1992). Le pré-séchage durcit la surface externe des pâtes tout en gardant l'intérieur doux et élastique ; Un sécheur final est ensuite utilisé pour éliminer la quasi-totalité de l'humidité du produit. Les pâtes se déplacent à travers une chambre de séchage et l'humidité change de 30% à 12,5%. La température du produit est abaissée à celle de l'environnement (Sissons, 2004).
- e. **Conditionnement** : Le produit fini est finalement conditionné dans des sacs en cellophane ou polyéthylène. Le conditionnement est désigné pour protéger le produit contre la contamination, l'endommagement pendant le chargement et le stockage et pour afficher favorablement le produit (Sissons, 2004).

## 5. Enrichissement des pâtes alimentaires

L'OMS et la FAD considèrent les pâtes comme un bon véhicule pour l'addition des éléments nutritifs. L'enrichissement de ces dernières affectait la qualité des pâtes en termes de texture, couleur et qualité de cuisson, mais aussi l'aspect sensoriel et les propriétés rhéologiques (Mercier et al., 2011) dans le but d'améliorer sa qualité nutritionnelle et l'état de santé (Miceli et al., 2015 ; Tazart et al., 2015).

Les pâtes ont fait l'objet de nombreuses études et essais d'enrichissement avec des matrices diverses :

- Pâtes alimentaires enrichies en légumineuses (Petitot et al., 2009 ; Tazart, 2015).
- Pâtes alimentaires enrichies avec la spiruline (Özyurt et al., 2015; Muresan et al., 2016).
- Pâtes alimentaires enrichies avec l'acide gras Omega-3 (Anbudhasan et al., 2014).
- Les pâtes alimentaires enrichies en protéines d'oeufs sont les seules à occuper une place significative sur le marché (Brahimi, 2014).

## 6. Qualité des pâtes alimentaires

Sissons, (2004) a défini les paramètres impliqués dans l'évaluation de la qualité de cuisson des pâtes comme suit : L'adhésivité, La fermeté, le caractère collant. Cette qualité peut être aussi exprimée en terme de caractéristique d'aspect, couleur, goût et arôme qui sont d'une grande importance pour le consommateur (Chillo et al., 2008). Ainsi la qualité culinaire est évaluée par les temps de cuisson qui varient avec le format de la pâte. Pour celles du même

format, ils varient avec la qualité de la pâte. Ces temps de cuisson sont déterminés en fonction du gonflement, de la texture et de l'état de surface (**Boukezoula, 2003**), et enfin la qualité hygiénique ou la qualité microbiologique qui ne suscite pas de difficultés et la possibilité de contamination ne doit pas être sous-estimé (**Boudreau et al.1992**).

# *Chapitre 01*

Matériels et méthodes

## Chapitre 1 : Matériels et méthodes

### 1. Modalités expérimentales

L'objet de l'étude étant le développement d'une formule de pâte alimentaire de type tagliatelles, enrichie en safran, nous avons établi les modalités d'expériences suivantes :

- Pâtes témoins sans incorporation ;
- Pâtes enrichi à un taux de 0,03 % de safran ;
- Pâtes enrichi à un taux de 0,06 % de safran.

Des analyses physico-chimiques de la matière première (semoule et safran) sont réalisées afin de les caractériser (taux d'humidité, teneurs en cendres et dosage des composés du safran). Les analyses relatives à la caractérisation physicochimique et culinaire sont réalisées sur les échantillons de pâtes crues et cuites enrichies en safran et comparée à la pâte témoin (Capacité d'absorption d'eau, pertes à la cuisson, temps optimal de cuisson, taux d'humidité, teneurs en cendres, le potentiel antioxydant et dosage des composés du safran).

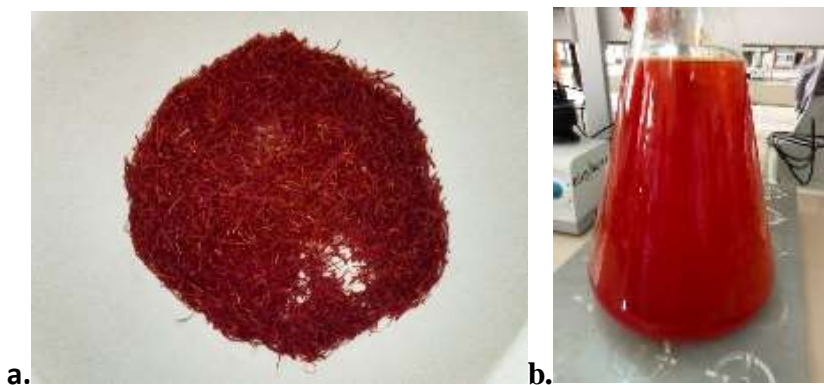
### 2. Préparation de l'échantillon

#### 1. Matières premières

##### La solution mère du safran

Les stigmates du safran utilisés sont récoltés en 2018 dans la wilaya de Constantine et fournis par l'entreprise « Safran Tariki ». Les stigmates sont conservés à froid ( $-20^{\circ}\text{C}$ ) dans un bocal à l'abri de la lumière jusqu'à utilisation.

Les stigmates ont été broyés et ajoutés dans une eau de table puis agités pour obtenir une concentration de 3,9 g/L (figure 06). Cette concentration est utilisée pour obtenir des pâtes enrichies en safran à des taux de 0,03 % (1,3 g/L) et 0,06% (2,6 g/L).



**Figure 06 :** Stigmates de safran (a) et solution safranée (b)

**La semoule** est celle du commerce de qualité supérieure de type fine emballée dans des sacs de 10Kg (produite durant le 1<sup>e</sup> semestre de 2021). L'ensemble des essais relatifs aux pâtes ont été réalisés avec le même lot de semoule.

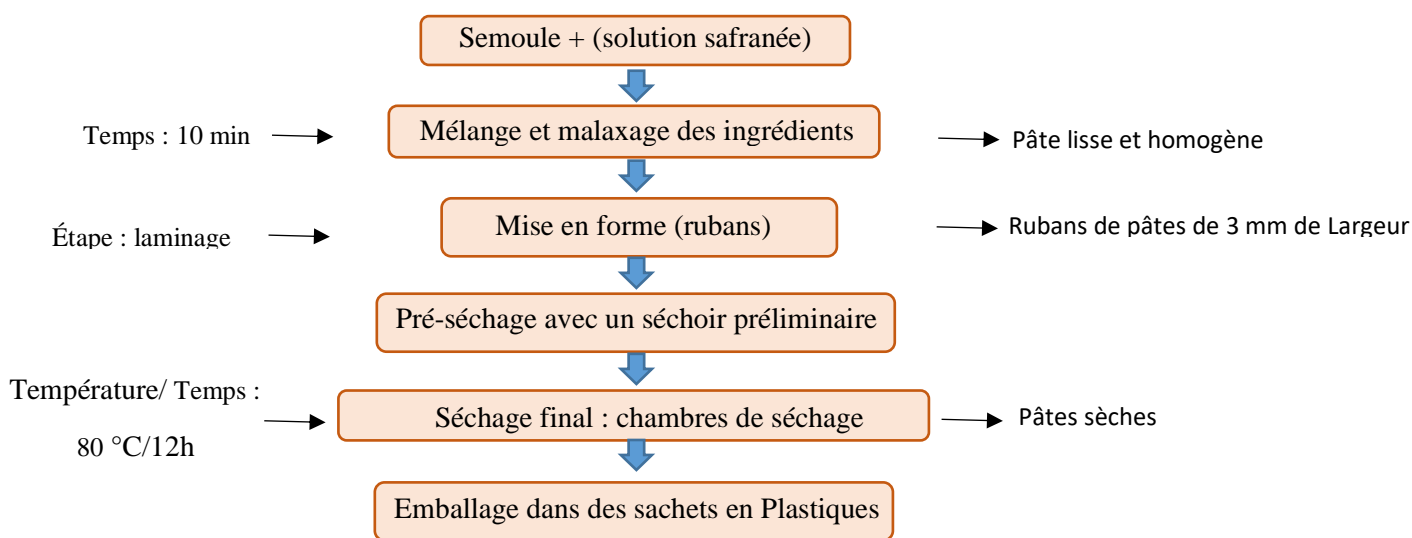
**L'eau** utilisée pour la fabrication des pâtes alimentaires est une eau de commerce dont la composition est donnée dans le tableau V

**Tableau V:** Composition chimique de l'eau de table

Composition (mg/l)	
Calcium	134,38
Magnésium	6,69
Potassium	2,45
Sodium	29,21
Sulfates	139
Chlorure	50
Nitrate	21,80
Résidu sec à 180°	610
PH	7.39

## 2. Fabrication de la pâte alimentaire

Grâce à une machine semi-industrielle de type PAMA – Roma, mise à notre disposition par l'entreprise Touabtia, nous avons adopté le diagramme illustré par la figure 07. Et le produit fini est montré sur la figure 08 en fonction des taux de safran ajouté.



**Figure 02:** Diagramme de fabrication des pâtes alimentaires



**Figure 08 :** Couleur des pâtes en fonction des taux de safran ajouté

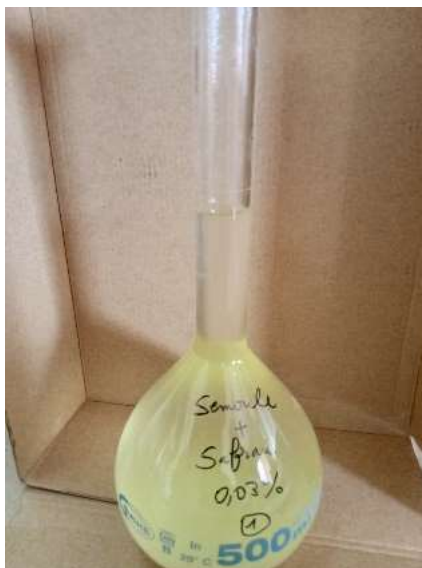
### 3. Caractérisation culinaires des pâtes alimentaires

#### Pertes à la cuisson

Les pertes à la cuisson (en tant que quantité de matières solides perdues dans l'eau de cuisson) ont été déterminées en évaporant l'eau (figure 09) de la cuisson des pâtes dans une étuve à 105 °C jusqu'à l'obtention d'un poids constant. Le poids du résidu obtenu a été divisé par le poids des pâtes sèches pour calculer les pertes à la cuisson (exprimées en %).

$$\text{Pertes à la cuisson} = \frac{\text{poids du résidu}}{\text{poids des pâtes non cuites} - \text{humidité des pâtes non cuites}} \times 100$$





**Figure 09 :** l'eau de cuisson.

#### **Déterminer le temps optimal de cuisson**

C'est le temps au-delà duquel les produits se désintègrent dans l'eau de cuisson (**Abecassis, 2011**). Le temps optimal de cuisson (TOC) des pâtes est déterminé selon le protocole suivant : Un échantillon de 10 g de pâtes est plongé dans 500 millilitres d'eau distillée bouillante. Le TOC est le temps nécessaire pour hydrater la pâte et gélatiniser l'amidon. Détermination par observation de la disparition de la ligne blanche au centre de la pâte, visuelle après écrasement entre 2 plaques de plexiglass (**Petitot et al., 2010**).

#### **Détermination de l'Indice de gonflement**

L'indice de gonflement (IG) correspond à la capacité d'absorption d'eau par les pâtes pendant la cuisson (**Feillet, 1986 ; Yettou et al., 1997**). Il est déterminé par la mesure de la différence de poids entre la pâte avant et après la cuisson. La procédure de préparation des échantillons est la même que celle décrite dans la section de détermination du temps optimum de cuisson. L'IG est Déterminé par la pesée des pâtes égouttées et calculé selon l'équation suivant :

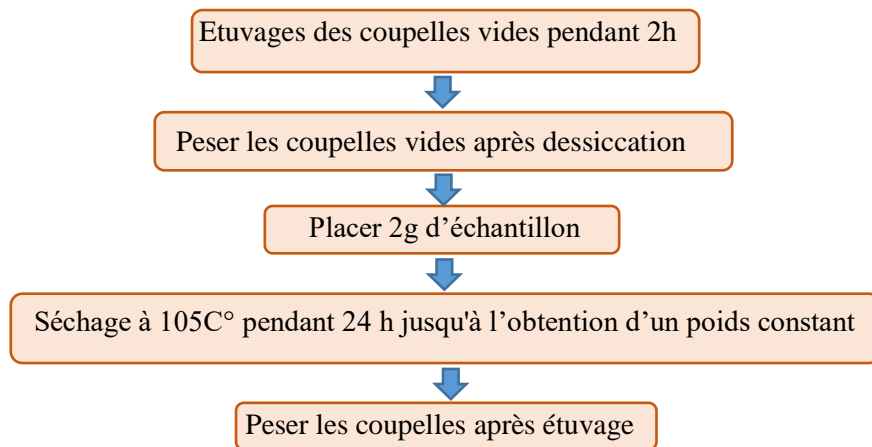
$$IG (\%) = \frac{\text{poids des pâtes cuites} - \text{poids des pâtes non cuites}}{\text{poids des pâtes non cuites}} * 100$$

#### **4. Caractérisation physico-chimique des pâtes alimentaires**

Pour les analyses, les pâtes alimentaires ont été broyées et tamisées pour obtenir une poudre de pâtes à 500 micromètre.

#### **Détermination de la teneur en humidité**

La détermination de la teneur en humidité est une étape cruciale pour garantir la qualité du produit. Pour cela on a utilisé la méthode de l'étuve réglée à 105°C pendant 24h (figure 10) qui a permis l'évaporation de l'eau contenue dans l'échantillon (**AOAC, 1998**). La masse résiduelle (P2) a été mesurée à des intervalles de temps réguliers jusqu'à ce que la masse obtenue reste constante après dessiccation.



**Figure 10:** Protocole de détermination de la teneur en humidité (AOAC, 1998)

La teneur en matière sèche et le taux d'humidité ont été exprimés par les formules suivantes

$$\text{TH \%} = ((P2-P1)/P0) * 100$$

$$\text{MS \%} = 100 - \text{TH}$$

Ou:

P0: représente la prise d'essai,

P1: représente le poids de la coupelle,

P2 : représente le poids de la coupelle avec l'échantillon,

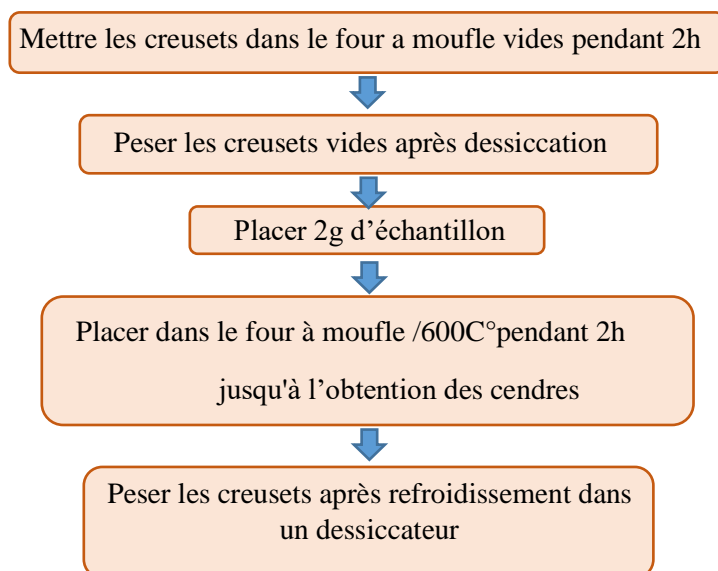
MS (%) : représente la teneur en matière sèche,

TH (%) : représente le taux d'humidité.

#### **Détermination de la matière minérale (MM%)**

Le taux de cendres est mesuré dans un four à moufle à 600°C pendant 2h. l'expression **cendres totales** désigne la partie minérale solide d'un échantillon alimentaire par opposition à sa partie organique (la figure 11)

**AOAC (1995)** Les cendres totales représentent la partie minérale d'un produit qui permet d'avoir une idée sur son apport en sels minéraux.



**Figure 11** : Protocole de détermination de la matière minérale (AOAC 1995)

Le taux des cendres totales est exprimé en pourcentage par rapport à la matière sèche, qui est calculé selon la formule suivante :

$$\text{Cendres \%} = \frac{P_2 - P_1}{P_0} \times 100$$

P0 : poids de l'échantillon (g)

P1 : poids de creuset vide (g)

P2 : Poids de creusets + échantillon après incinération (g).

### 5. Dosage des molécules bioactives du safran dans les pâtes alimentaires

Après le dosage suivant le protocole sur la figure 12, les trois principaux composés du safran sont détectés en utilisant une cuve en quartz aux longueurs d'onde maximales ( $\lambda_{\max}$ ) suivant 257, 325 et 438 nm pour la picrocrocine, la crocine et le safranal, respectivement. Les résultats sont exprimés par l'extinction spécifique  $E_{\lambda_{\max}}^{1\%}$

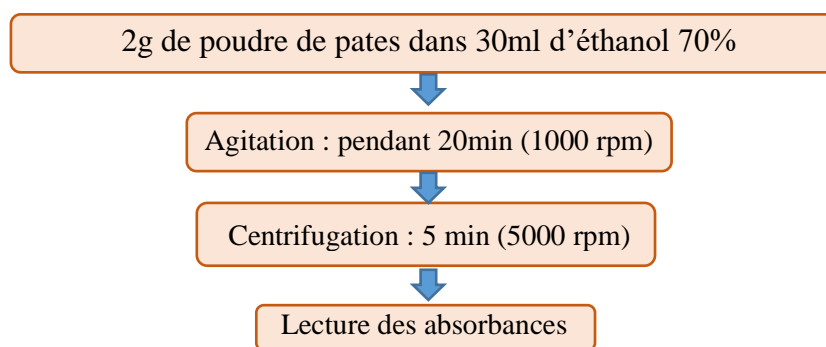
Suivant la formule :  $A_{\lambda_{\max}}$

$$E_{\lambda_{\max}}^{1\%} = \frac{A_{\lambda_{\max}} \times 50}{m(100-H)}$$

Où A est l'absorbance à  $\lambda_{\max}$ ,

m : la masse de l'échantillon du safran (g),

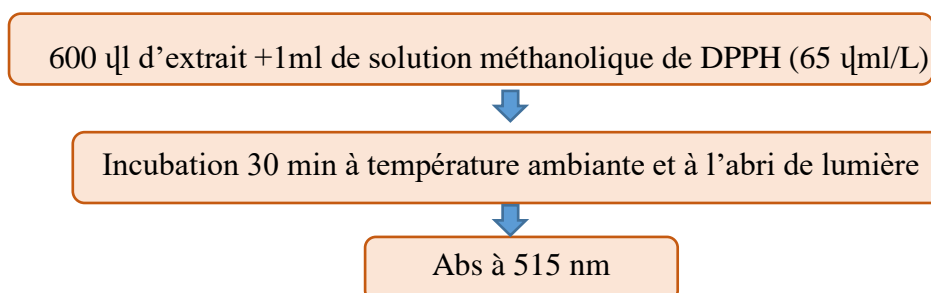
H : la fraction massique de l'humidité et de teneur en matières volatiles de l'échantillon, qui est de 8 %. 50 est le facteur de dilution.



**Figure 12 :** Protocole de dosage des molécules actives du safran

### 6. Potentiel antioxydant des pâtes alimentaires enrichies

Le test du DPPH est un des tests les plus utilisés pour déterminer l'activité anti-radicalaire d'un échantillon/extrait donné. Cette méthode est basée sur la réduction d'une solution alcoolique de DPPH en présence d'un antioxydant qui donne un hydrogène ou un électron, la forme non radicalaire (DPPH-H) est formée (Bortolomeazzi et al., 2007). Cela se traduit par le virement de couleur du violet au jaune. Le protocole est selon la figure 13.



**Figure 13 :** Protocole d'évaluation activité anti-radicalaire

La capacité antioxydant de l'échantillon a été exprimée en pourcentage (%) d'inhibition du DPPH.

$$PI = \frac{\text{abs du controle} - \text{abs extrait}}{\text{abs du controle}} \times 100$$

PI : Pourcentage d'inhibition du DPPH ;

Abs contrôle : Absorbance du contrôle, mélange réactionnel contenant le solvant à la place de l'extrait ; Abs extrait : Absorbance du mélange réactionnel en présence de l'extrait

# *Chapitre 02*

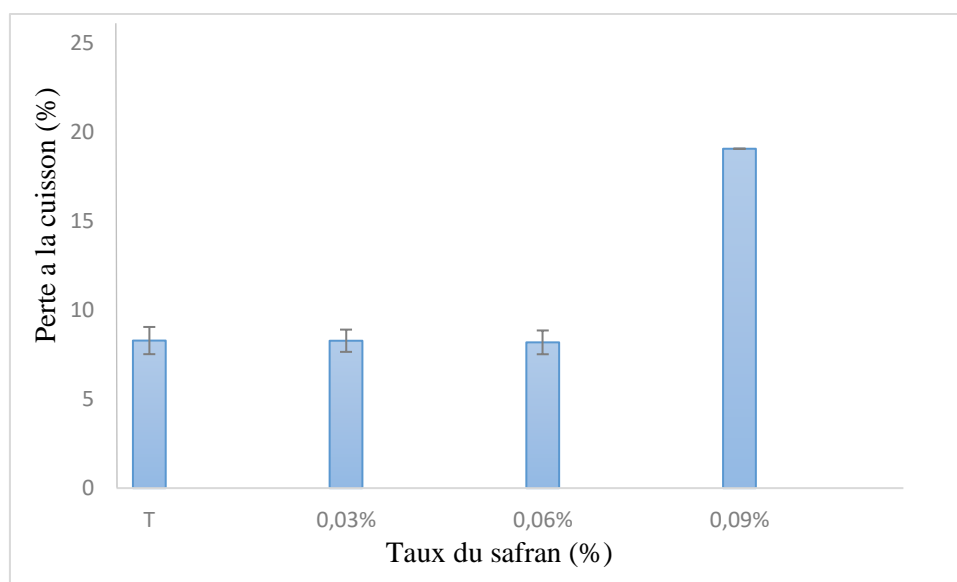
Résultat et discussion

## Chapitre 02 : Résultats et discussions

### 2.1. Caractérisation culinaire des pâtes alimentaires

#### 2.1.1. Pertes à la cuisson

Les résultats des pertes à la cuisson (PC) des échantillons de pâte de type tagliatelles sont représenté dans la figure 14.



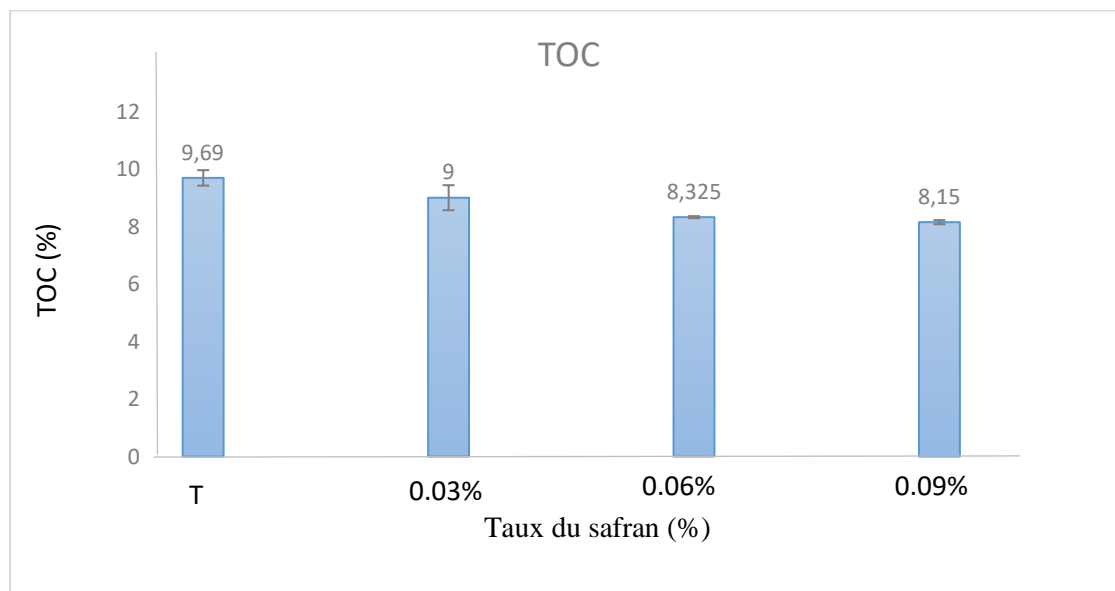
**Figure 14 :** Pertes à la cuisson des pâtes alimentaires enrichies.

Les données montrent la variabilité des pertes à la cuisson et les valeurs oscillent entre 8,29% et 8,19%. Les pertes les plus élevées sont observées chez les pâtes témoins (les pâtes à base de semoule seule  $PC=8,29\% \pm 0,76$ ). Il est également observé que les PC sont inversement proportionnelle à au taux d'incorporation du safran. A cet effet, l'incorporation du safran a réduit les pertes à la cuisson.

**Beta et Corke (2001)** ont montré que la perte à la cuisson des nouilles ne sont pas significativement corrélée aux propriétés de l'amidon, la perte à la cuisson peut être un indicateur de l'intégrité structurelle des nouilles pendant la cuisson. Aussi, il se pourrait que l'ajout du safran ait un effet sur le renforcement de l'intégrité structurelle. En effet, les PC sont principalement dus à la rupture des complexe « amidon-protéines » et la distribution de l'eau dans la matrice de la pâte (**Purnima et al., 2012**). Les éléments constitutifs du safran auraient un rôle dans le renforcement des complexes « amidon-protéines ».

#### 2.1.2. Temps optimal de cuisson

Le TOC a été atteint lorsque l'opacité au centre des pâtes due à l'amidon a disparu (**Guo et al., 2020**). La pâte témoin présente des temps de cuisson plus élevés  $9,6 \pm 0,26$  min par rapport à celles avec safran : avec un temps optimal de  $9 \pm 0,4$  min enregistré pour les pâtes avec 0,03% Safran contre  $8,32 \pm 0,03$  min pour les pâtes à 0,06% Safran et  $8,15 \pm 0,07$  min pour les pâtes à 0,09%



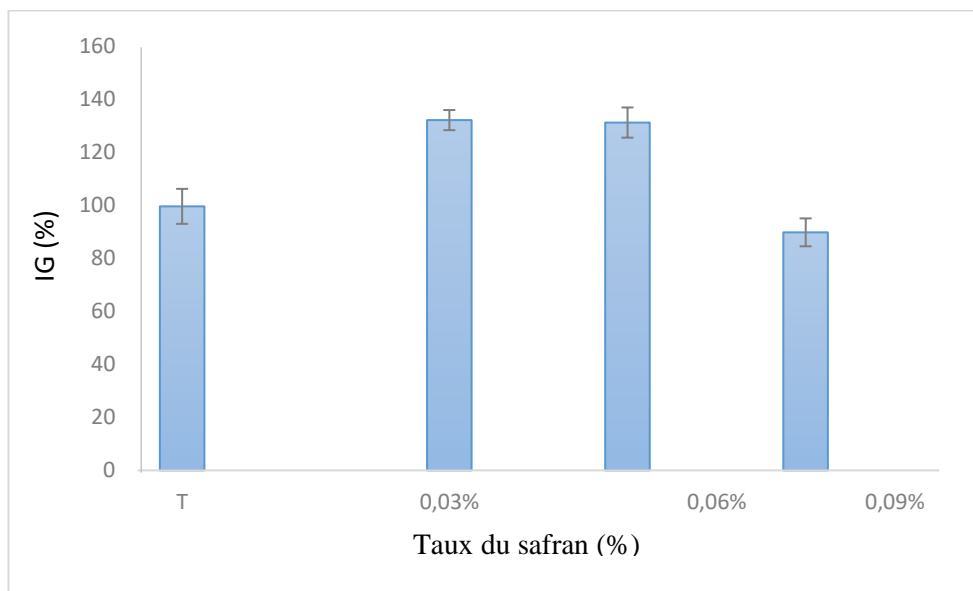
**Figure 3:** Temps optimal de cuisson des pâtes alimentaires

D'après les résultats obtenus (figure 15), à l'instar du PC, le TOC de la pâte diminue avec l'augmentation du taux de safran. Le TOC correspond au temps nécessaire à la gélatinisation de l'amidon. Cette différence de temps de cuisson des pâtes pourrait s'expliquer par la haute teneur en protéines ou plus généralement la forte teneur en toutes substances azotées (Clarke *et al.*, 1998 ; Edwards *et al.*, 2001 ; Bechere *et al.*, 2002). Dans notre cas, le safran pourrait augmenter l'hydratabilité des pâtes avec safran en raison de la nature hautement hydrophile de ses composés (crocine et picrocrocine) et ainsi accélérer la gélatinisation.

Selon Chillo *et al.*, 2008 la réduction du temps de cuisson est également due à la perturbation physique du réseau de gluten par la présence de fibres qui a pu faciliter la pénétration de l'eau au cœur des pâtes.

### 2.1.3. Indice de gonflement

La capacité d'absorption de l'eau mesurée par l'indice de gonflement (IG) a été utilisée pour caractériser la capacité d'absorption d'eau des échantillons des pâtes lors de l'expérience de cuisson, exprimé comme le rapport entre l'augmentation du poids des pâtes après cuisson par rapport au poids des pâtes non cuites. Les résultats de l'évaluation de l'IG est représenté dans la figure 16.



**Figure 4:** Indice de gonflement des pâtes alimentaires

La pâte témoin a une capacité d'absorption d'eau moins importante  $99,48\% \pm 6,59$  que celles des pâtes avec safran,  $131,99\% \pm 3,79$  pour les pâtes à 0,03%,  $131,06\% \pm 5,68$  pour les pâtes à 0,06% et  $89,69\% \pm 5,26$  pour les pâtes à 0,09%.

**Singh *et al.* (2006)** ont montré que la force de gonflement ou l'absorption d'eau indique la capacité de l'amidon à s'hydrater.

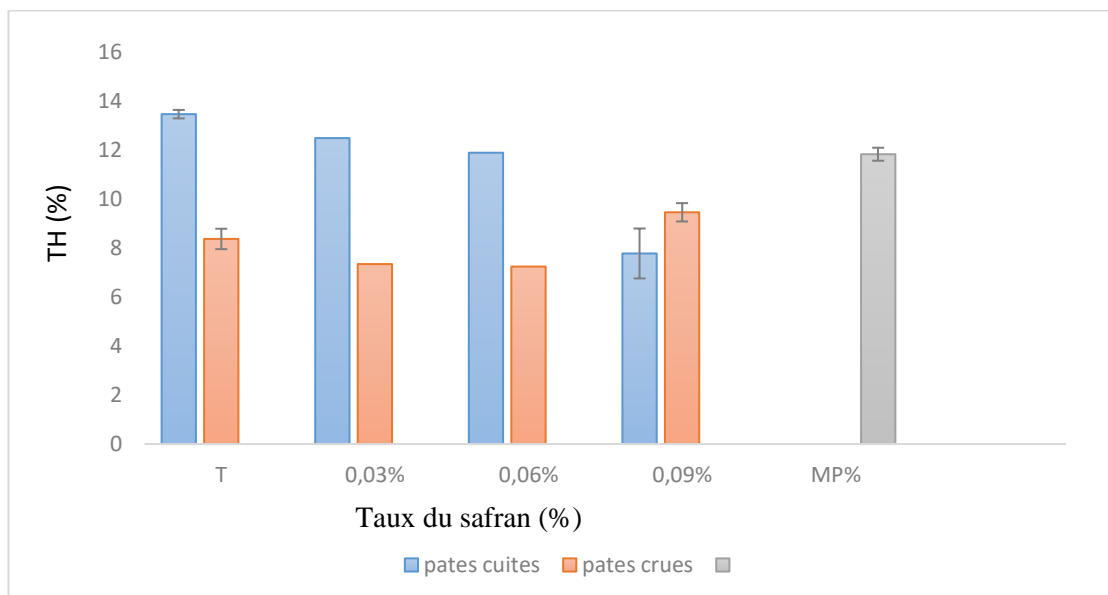
La relation entre l'IG et la concentration en safran est proportionnelle. En effet, l'absorption d'eau augmente relativement avec l'augmentation des concentrations du safran. Cela est peut être dû à la forte teneur en composés organiques fortement hydrophile ayant une affinité double entre les polymères glucidiques qui composent l'amidon et l'eau. C'est le cas de la crocine molécule dont la structure biochimique est composée d'un caroténoïde fortement glycosylé (04 sucres).

## 2.2. Composition chimique des pâtes alimentaires

### 2.2.1. Humidité

Les résultats des taux d'humidité des pâtes alimentaires avec, sans safran et matière première sont représentés dans la figure 17. Les taux d'humidités présentés correspondent à ceux des échantillons de pâtes crues et cuites après séchage et dessiccation.





**Figure 5:** Taux d'humidité des pâtes alimentaires.

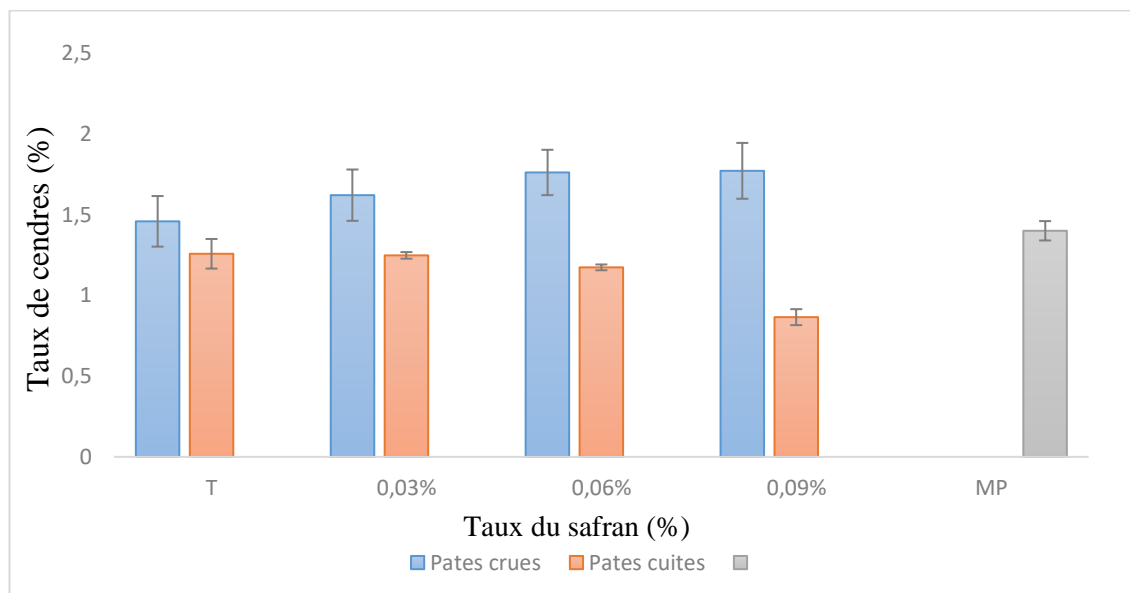
Selon les résultats obtenus, les taux d'humidités des pâtes alimentaires enrichies et témoins sont inférieur à 14,5% qui conforme à la réglementation nationale (**JORA, 2007**) et internationale (**Codex alimentarius, 1995**). Le taux d'humidité de la matière première est de  $11,81\% \pm 0,26$ , les pâtes alimentaires crues contiennent un faible taux d'humidité  $8,36\% \pm 1,41$ , une diminution progressive est notée avec l'augmentation du taux d'incorporation du safran :  $7,33\% \pm 0,37$  pour 0,03%,  $7,23\% \pm 0,55$  pour 0,06% et  $9,45\% \pm 1,98$  pour 0,09%.

Les pâtes alimentaires cuites contiennent un taux d'humidité supérieur  $13,45\% \pm 0,17$  aux taux d'humidité des pâtes alimentaires crues  $8,36\% \pm 1,41$  et cela est dû certainement à l'augmentation de la quantité d'eau résiduelle (eau liée) des échantillons de pâtes après cuisson.

L'élévation des taux d'incorporation du safran diminue les taux d'humidités : de  $12,47\% \pm 0,01$  à  $7,77\% \pm 0,5$ .

### 2.2.2. Teneur en cendres

Les résultats d'analyses en teneurs en cendres pour la matière première, les pâtes crues et cuites sont illustrés dans la figure 18.



**Figure 6:** Teneurs en cendres des pâtes alimentaires.

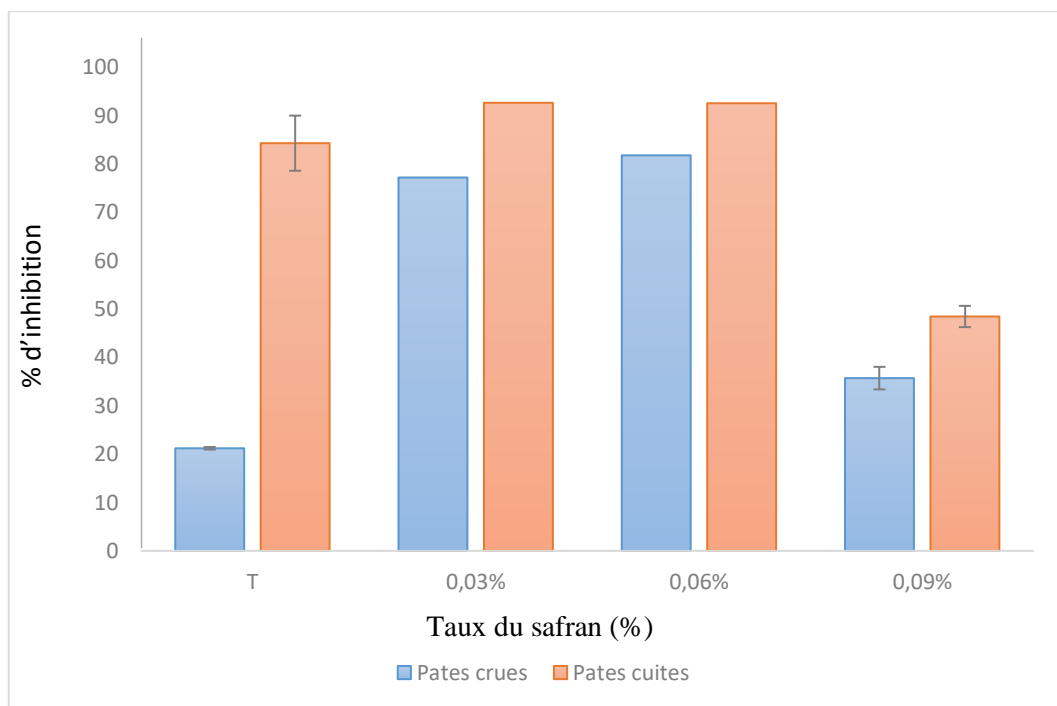
Selon les résultats, le taux de cendres de la matière première (semoule) est de  $(1.4\% \pm 0,06)$ , ce taux permet de considérer la semoule utilisée de grade supérieure selon **Bar, (1995) et Godon et al., (1997)**.

Le taux de cendres d'une semoule supérieure est de l'ordre de 1,10%. Après préparation, des pâtes, une augmentation est notée pour la pâte témoin crues jusqu'à  $1,45\% \pm 0,15$ , et  $1,25\% \pm 0,09$  pour la pâte témoin cuite. Pour les pâtes enrichies, une augmentation progressive de la teneur en cendre est notée, avec l'augmentation du taux d'incorporation du safran pour les pâtes crues et une diminution des teneurs en cendres avec l'augmentation des taux d'incorporation du safran dans les pâtes cuites. Ainsi, les pâtes enrichies crues présentent des teneurs plus élevées en cendres que les pâtes enrichies cuites. Cette diminution est liée à la cuisson et des pertes de ces teneurs dans l'eau de cuisson (**Yang et al., 2021**).

Nos résultats s'accordent avec ceux rapportés par **Petitot et al., (2010)** qui ont noté une augmentation des teneurs en cendres dans les pâtes enrichies en légumineuses.

### 2.3. Test de piégeage du radical libre DPPH

Le calcul des pourcentages d'inhibition du DPPH est réalisé selon la formule indiquée dans la partie précédente, et sont représentés en fonction des concentrations d'incorporation du safran dans la figure 19.



**Figure 7:** Pourcentage d'inhibition de DPPH

Les résultats montrent que le pourcentage d'inhibition du DPPH est inférieur dans les pâtes témoins par rapport aux pâtes enrichies. Les extraits des pâtes cuites enrichies possèdent un pourcentage d'inhibition plus élevé  $92,63\% \pm 0,69$  que les pâtes crues avec safran  $81,20\% \pm 0,25$ . Ceci s'explique par l'influence du traitement thermique qui est la cuisson, sur le pouvoir de l'inhibition. Le pourcentage d'inhibition des extraits des pâtes alimentaires avec safran augmente avec l'augmentation des concentrations du safran dans les deux types des pâtes alimentaires crues, 21.70% à 81.20% ainsi que pour les pâtes cuites 48.45% à 92.63%.

Selon nos résultats, le pourcentage d'inhibition est proportionnel à la concentration du safran, ce qui est peut-être due au pouvoir antioxydant des stigmates du safran (**Papandreou et al., 2006**) et qui s'accorde avec les résultats de **Armellini et al. (2018)** qui ont montré que des concentrations plus élevées de safran amélioreraient l'activité antioxydante, dans des biscuits à base de farine de blé.

En effet, il est rapporté que dans des matières végétales, les caroténoïdes ( crocine et croctines) qui est également un piègeur de radicaux libres et un percepneur de lipide efficace et un inhibiteur de la peroxydation lipidique(**Rodriguez-Ruiz et al., 2016**)

### 2.4. Composé bioactifs du safran

La norme **ISO 3632 (2011)** classe le safran en trois catégories, dont les valeurs de référence liées aux propriétés chimiques du safran sont indiquées dans le tableau VII.

**Tableau VII : La spécification chimique selon ISO 3632 (2011)**

Les paramètres	Classe I	Classe II	Classe III
A1% 1 cm440 nm	200	170	120
A1% 1 cm257 nm	70	55	40
A1% 1 cm330 nm	20-50	20-50	20-50

Le stigmate de *Crocus sativus. L* ne contient pas de tanins condensés. La crocine, responsable de la couleur rouge-jaune, la picrocrocine responsable de la saveur et le safranal, composé volatil majoritaire, responsable de l'odeur et de l'arôme (**Schmidt et al., 2007**). L'absorbance maximale pour le safranal est obtenue à 330 nm (**Lage et Cantrell, 2009**), pour la picrocrocine obtenue à 257 nm et la crocine à 440 nm (**voir annexe tableau I**).

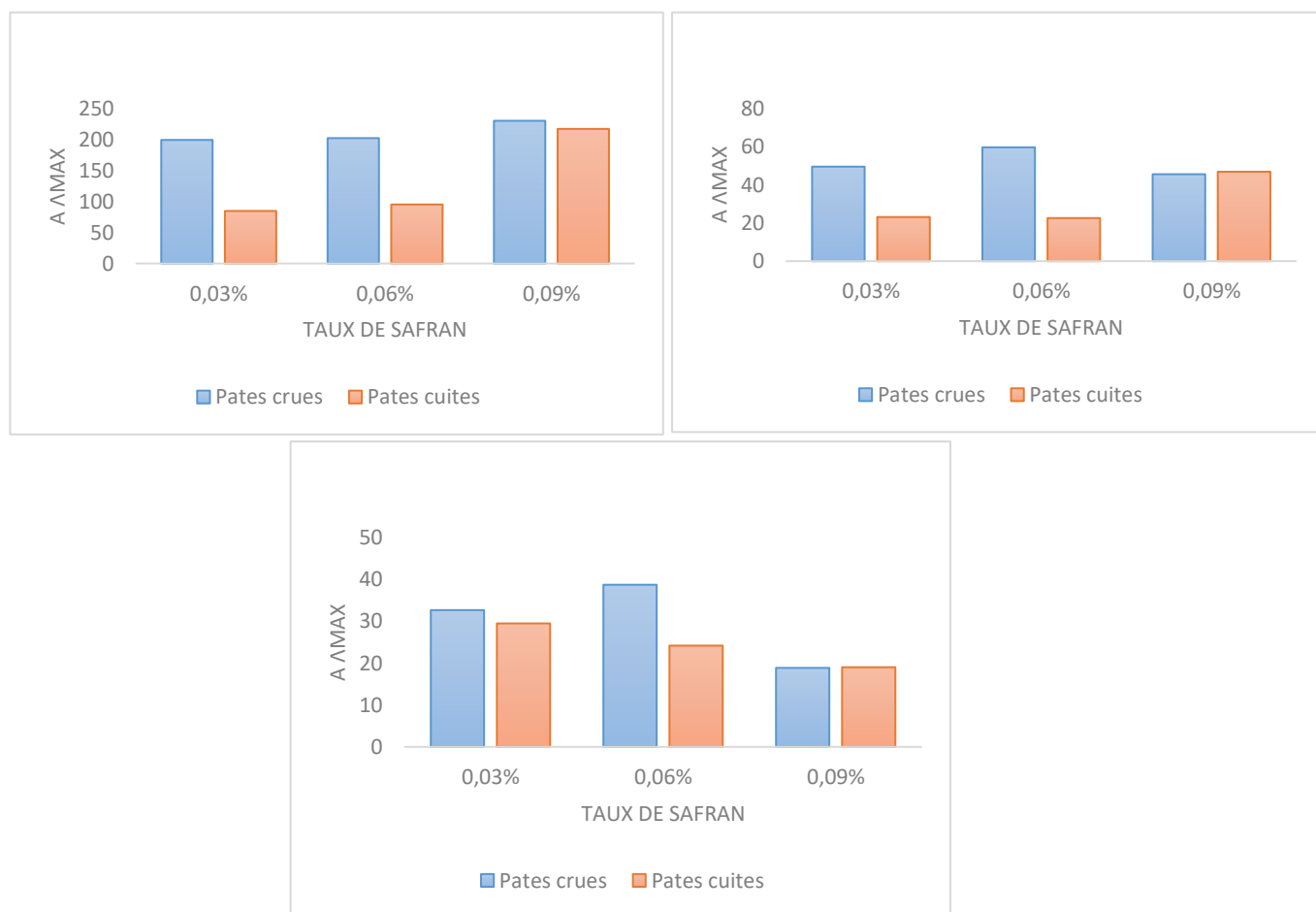
Les résultats des absorbances de l'extrait du safran ont été obtenus par **Hamitouche Lamia et Kadri Sylia** (étudiantes Master 2 QPSA, 2021) et sont présentés dans le tableau VIII.

**Tableau VIII : les résultats des absorbances spécifiques obtenues effectués sur l'extrait du safran**

Les pouvoirs	Longueurs d'ondes (nm)	Résultats
Amère	$A_{1cm}^{1\%} \lambda 257$	58.4
Aromatique	$A_{1cm}^{1\%} \lambda 325$	35.6
Colorant	$A_{1cm}^{1\%} \lambda 438$	102.2

D'après le tableau 9 et le résultat obtenu dans le tableau 10, le safran utilisé présente un pouvoir colorant de 102 qui positionne le safran utilisé dans la classe III selon la norme **ISO 3632 (2010)**.

Des analyses d'absorbance sont aussi effectuées sur les pâtes alimentaires enrichies en safran, les résultats sont présentés dans la figure 20.



**Figure 8:** Absorbances spécifiques des pâtes alimentaires

D'après les absorbances obtenues, on remarque que l'absorbance de la picrocrocine est plus forte que celle du safran, suivi par celle de la crocine. Cette dernière est très sensible à la lumière (Gregory et al., 2005), au léger chauffage (Begoïn, 2005) et est soluble dans l'eau (Alonso et al., 2000).

Comme la crocine est un dérivé de caroténoïdes, le traitement thermique provoque son isomérisation de la forme *trans* à la forme *cis* et sa dégradation par oxydation (Kloui et Bauernfeind, 1981 ; Lea, 1988). Le safran est négligeable dans le safran frais mais il augmente pendant le séchage et le stockage (Lozano et al., 1999). La quantité de safran augmente avec l'augmentation du taux d'incorporation du safran dans les pâtes crues. Cependant, cette analyse reste insuffisante du fait de la possibilité de l'interférence avec les isomères de la *cis*-crocine esters, isomères qui absorbent également à 330 nm (Anastasaki et al., 2010 ; Maggi et al., 2011).

Les absorbances spécifiques calculées des extraits de pâtes crues enrichies sont supérieures à celles des pâtes cuites et cela peut être vraisemblablement dû à la cuisson. Selon Armellini et al. (2019), la teneur en ces trois composés (crocine, picrocrocine et safran) ne dépend pas seulement de l'ajout de safran mais aussi du temps de cuisson.



*Conclusion*

# Conclusion

---

## Conclusion

L'objectif de ce travail s'articule autour de l'incorporation de l'extrait du safran dans la fabrication des pâtes alimentaires en vue de la formulation d'un aliment fonctionnel. La détermination de l'impact de cette incorporation sur les propriétés culinaires et les activités anti oxydantes du produit fini est réalisée par comparaison à un témoin sans safran.

Au cours de cette étude, nous avons atteint un certain nombre d'objectifs que nous avons fixés au début de notre travail, dont les principales conclusions :

La formulation des pâtes enrichies est possible avec des taux d'incorporation de 0,3% ; 0,6% et 0,09% en safran. Nos résultats analytiques ont montré pour les pâtes enrichies, une amélioration des teneurs en cendres, et en taux d'humidité par rapport aux pâtes témoins.

Après cuisson, les pâtes enrichies ont des pertes de matière dans l'eau de cuisson inférieure au témoin non supplémentées de safran. Un meilleur temps optimal de cuisson (TOC) et une meilleure absorption d'eau est aussi enregistrée par rapport au témoin. La teneur en composés bioactifs du safran (crocine, picrocrocine et safranal) ont progressivement augmentés dans les pâtes alimentaires crues avec l'augmentation du taux d'incorporation du safran. L'augmentation du taux d'incorporation de safran dans les pâtes a progressivement augmenté l'activité de piégeage du radical DPPH. Toutefois, des pertes sont constatées après cuisson (pertes à la cuisson, potentiel antioxydant et composés bioactifs du safran). Au vu de l'évaluation de plusieurs concentrations d'incorporations, il apparaît que la concentration à 0,03 % est suffisante compte tenu de la faible variabilité des valeurs des paramètres étudiés.

Au terme de ce travail, nous estimons que l'incorporation est possible et intéressante à double titre : d'une part la préparation des pâtes enrichies avec le safran permet de diversifier le marché local et de formuler des produits à haute valeur ajoutée, d'autre part elle permet d'obtenir des pâtes de meilleure qualité qui peut intervenir dans la lutte contre plusieurs pathologies métaboliques (aliment fonctionnel). Aussi, le présent travail de recherche mérite d'être poursuivi et approfondi avec les perspectives suivantes :

- Une analyse sensorielle est nécessaire pour évaluer l'acceptabilité de nos pâtes par le Consommateur ;
- Etude de la structure et la digestibilité de l'amidon et des protéines est nécessaires pour compléter ce travail ;
- Des essais *in vivo* sont nécessaires pour évaluer la qualité nutritionnelle et bioactive des pâtes enrichies (digestibilité *in vivo*, bilan azoté, croissance...). De tels essais pourraient être couplés avec l'évaluation de l'index glycémique.



*Références  
bibliographiques*

## Références

*Anonyme 1* :<http://foodbiotic.com/fr/safran-de-la-fleur-a-lassiette/>



Abdallah Berrabah W. et Allal H. (2017). Contribution d'étude phytochimique du safran naturel. Centre Universitaire Belhadj Bouchaib.

Abdullaev F, Ortega CH, Miranda PR. HPLC quantification of major active components from 11 different saffron (*Crocus sativus* L.) sources. Food Chem. 2007;100:1126–31

Abecassis J., (1991). La mouture du blé dur. In, les industries de première transformation des céréales. (in GODON B. et WILLM C.).Ed. Tec et Doc- Apria .362-393p.

Abecassis, J., Abbou, R., Chaurand, M., Morel, M., and Vernoux, P. (1994). "Influence of extrusion conditions on extrusion speed, temperature, and pressure in the extruder and on pastaquality." CerealChemistry, 71, 247-253

Afnor., (1991). Association Française de Normalisation. Norme Codex pour la semoule et la farine de blé dur. 178 p.

Alonso G.L., Salinas M.R., Garuo J. et Sanchez-fernandez M.A. (2000). Composition of crocins and picrocrocin from spanish saffron (*Crocus sativus*. L). Journal of Food Quality, 219-233.

Alonso, G.L., Salinas, M.R., Sánchez-Fernández, M.A., Garijo, J., 2000. Physical parameters in controlling saffron quality. Food Sci. Technol. Int. 6, 59–65.

Alonso G.L., Varon R., Gomez R., Navvaro F. et Salinas M.R. (1990). Auto-oxidation in Saffron at 40°C and 75% Relative Humidity. Journal of food science, 55(2), 595-596.

Anastasaki, E., Kanakis, C., Pappas, C., Maggi, L., del Campo, C.P., Carmona, M., Polissiou, M.G., 2010. Differentiation of saffron from four countries by mid-infrared spectroscopy and multivariate analysis. Eur. Food Res. Technol. 230, 571–577.

Anbudhasan, P., Asvini, G., Surendraraj, A., Ramasamy, D., and Sivakumar, T. (2014). "Development of functional pasta enriched with omega-3 fatty acids." *Fish Technol*, 51, 242-246.

Armellini, R., Peinado, I., Pittia, P., Scampicchio, M., Heredia, A., Andres, A., 2018. Effect of saffron (*Crocus Sativus* L.) enrichment on antioxidant and sensorial properties of wheat flour pasta. Food Chem. 254, 55–63.

Atyane L.H., Ben El Caid M., Serghini M.A. et Elmaimouni L. (2017). Influence of different extraction methods and the storage time on secondary metabolites of saffron. International journal of engineering research and technology, 6(1), 65-69.

## **B**

Bagur M.J., Alonso Salinas G., Jiménez-Monreal A., Chaouqi S., Llorens S., MartínezTomé M. & Alonso G. (2018) Saffron: An old medicinal plant and a potential novel functional food. *Molecules*, 23(1),30.

Bathaie SZ, Farajzade A et Hoshyar R. A review of the chemistry and uses of crocins and crocetin, the carotenoid natural dyes in saffron, with particular emphasis on applications as colorants including their use as biological stains. *Biotech Histochem*, 89(6), 401-11.

Bathaie S., Farajzade A. & Hoshyar R. (2014). A review of the chemistry and uses of crocins and crocetin, the carotenoid natural dyes in saffron, with particular emphasis on applications as colorants including their use as biological stains. *Biotechnic & Histochemistry*, 89(6), 401–411.

Bechere E.R., PENA J., et MITIKU D., (2002). Glutenin Composition, Quality Characteristics, and Agronomic Attributes of Durum Wheat Cultivars Released in Ethiopia. *African Crop Science Journal*. 10(2). 173-182 p.

Belitz, H.D., Grosch, W., & Schieberle, P. (2009). *Food chemistry*, 4<sup>th</sup> revised and extended edition (pp.52-86). Berlin (DE): Springer.

Bensalem, A., Agli, A.-N., and Oulamara, H. (2014). "P028: Fréquences de consommation alimentaire chez les ménages algériens." *Nutrition Clinique et Métabolisme*, 28, S82-S83.

Birouk A, Aboudrare A, Ait-Oubahou A, Kenny L, El Bennory H. (2011). Guide des bonnes pratiques de production du safran dans la région de Taliouine- Tazenakht. Office Régional de Mise en Valeur Agricole de Ouarzazate. pp 66-67

Boudreau, A., and Dubois, L. (1992). "Insécurité linguistique et diglossie: étude comparative de deux régions de l'Acadie du Nouveau-Brunswick." *Revue de l'Université de Moncton*, 25(1-2), 3-22.

Boudreau, A., and Ménard, G. (1992). *Le blé: éléments fondamentaux et transformation*: Presses Université Laval

Bolhassani A., Khavari A. & Bathaie S.Z. (2014). Saffron and natural carotenoids: Biochemical activities and anti-tumor effects. *Biochim. Biophys. Acta BBA Rev. Cancer*, 1845, 20–30.

Begoin M. (2005). Application du concept de raffinage végétal au safran du Quercy (*Crocus sativus*) pour la valorisation intégrée des potentiels aromatiques et colorants Thèse de Doctorat. Université de Toulouse. p.275.

Basker, D., Negbi, M., 1983. The use of saffron. *Econ. Bot.* 37, 228e236.

Bhattacharyya, N., Bandyopadhyay, R., 2010. Nondestructive Evaluation of Food Quality, Theory and Practice, Electronic Nose and Electronic Tongue (Chapter 4), pp. 73e98.

Boudreau, A. & MÉNARD, G. (1992). *Le blé: éléments fondamentaux et transformation*: Presses Université Laval.

Boukezoula F., 2003. Ckekhchoukha, enquête de consommation dans l'est algérien, fabrication traditionnelle et qualité. Thèse de magister, option : nutrition humaine, Constantine, Algérie. 121 p.

Brennan, C. S., Kuri, V., and Tudorica, C. M. (2004). "Inulin-enriched pasta: effects on textural properties and starch degradation." *Food chemistry*, 86(2), 189-193.

## **C**

Chaouqi S., Moratalla-López N., Lage M., Lorenzo C., Alonso G.L. et Guedira T. (2018). Effect of drying and storage process on Moroccan saffron quality. *Food bioscience*, 22, 146-153.

Chillo, S., LAVERSE, J., FALCONE, P., PROTOPAPA, A. & DEL NOBILE, M. (2008). Influence of the addition of buckwheat flour and durum wheat bran on spaghetti quality. *Journal of Cereal Science*, 47, 144-152.

Chillo, S., Laverse, J., Falcone, P., Protopapa, A., and Del Nobile, M. (2008). "Influence of the addition of buckwheat flour and durum wheat bran on spaghetti quality." *Journal of Cereal Science*, 47(2), 144-152.

Christodoulou E, Kadoglou NP, Kostomitsopoulos N. et Valsami G. Saffron: a natural product with potential pharmaceutical applications. *Journal Pharm Pharmacol*. 67(12), 1634-1649.

Clarke J.M., Marchylo B.A., KOVACS M.I.P., NOLL J.S., MCAIG T.N., et HOWES N.K., (1998). Breeding durum wheat for pasta quality in Canada. *Euphytica*. 100.163-170 p

Codex alimentarius., (2007). Commission du Codex Alimentarius et le programme FAO et OMS sur les normes alimentaires : Céréales, légumes secs, légumineuses et matières protéiques végétales, norme codex pour la semoule et la farine de blé dur. codex stan 178-1991 (rév. 1-1995).65 p

## **D**

Dharmananda S. (2005). Saffron: An Anti-Depressant Herb, Institute for Traditional Medicine.

Dubois A. (2010). Analyse de la filière au Maroc : quelques perspectives pour la mise en place d'une indication géographique. Thèse de Doctorat. Université Montpellier. p.80.

## **E**

Edwards N.M., Peressini D., Dexter J.E., et Mulvaney S.J., (2001). Viscoelastic properties of durum wheat and common wheat of different strengths. *Rheological Acta*.(40).142-53p.

Esfanjani, A.F., Jafari, S.M., Assadpoor, E., Mohammadi, A., 2015. Nano-encapsulation of saffron extract through double-layered multiple emulsions of pectin and whey protein concentrate. *J. Food Eng.* 165, 149–155.

Esfanjani, A.F., Jafari, S.M., Assadpour, E., 2017. Preparation of a multiple emulsion based on pectin-whey protein complex for encapsulation of saffron extract nano-droplets. *Food Chem.* 221, 1962–1969.

## **F**

F.A.O, (1995). Food and Agriculture Organisation. Norme codex pour la semoule et la farine de blé dur, CODEX STAN 178-1991. 65 p.

FEILLET, P. (2000). *Le grain de blé: composition et utilisation*: Editions Quae.

## **G**

Garcia \_ Rodriguez M.V., Natalia Moratalla –lopez., Horacio Lopez – Cproles., Gonzalo L. Alonso (2021). Saffron Quality obtained under different Forcing conditions, considering various vegetative stages of corms. *Scientia Horticulturae* 2077\_109811

Ghasemi, T., Abnous, K., Vahdati, F., Mehri, S., Razavi, B.M., Hosseinzadeh, H., 2015. Antidepressant effect of *Crocus sativus* aqueous extract and its effect on CREB, BDNF, and VGF. *Transcr. Protein Levels Rat Hippocampus* 65 (7), 337e343.

Giménez, M., González, R., Wagner, J., Torres, R., Lobo, M., and Samman, N. (2013). "Effect of extrusion conditions on physicochemical and sensorial properties of corn broad beans (*Vicia faba*) spaghetti type pasta." *Food chemistry*, 136(2), 538-545.

Gregory, M.J., Menary, R.C., Davies, N.W., 2005. Effect of drying temperature and air flow on the production and retention of secondary metabolites in saffron. *J. Agric. Food Chem.* 53, 5969–5975.

Gresta, F., Lombardo, G.M., Siracusa, L., Ruberto, G., 2008b. Effect of mother corm dimension and sowing time on stigmas yield, daughter corms and qualitative aspects of saffron (*Crocus sativus* L.) in a Mediterranean environment. *J. Sci. Food Agric.* 88, 1144–1150.

## **H**

Hemshkhar, M., Santhosh, M.S., Sunitha, K., Thushara, R., Kemparaju, K., Rangappa, K., Girish, K., 2012. A dietary colorant crocin mitigates arthritis and associated secondary complications by modulating cartilage deteriorating enzymes, inflammatory mediators and antioxidant status. *Biochimie* 94, 2723–2733.

Hosseinzadeh, H., Younesi, H.M., 2002. Antinociceptive and anti-inflammatory effects of *Crocus sativus* L. stigma and petal extracts in mice. *BMC Pharmacol.* 2 (1), 2–7.

## **I**

ISO-3632-2-2010, 2010. Part 1: Specification, Part 2: Test Methods. International Organisation for Standardization, Geneva.

ISO 3632-1:2011, 2011. Spices – Saffron (*Crocus Sativus L.*), 2 Ed. International Organization for Standardization Genève, Switzerland, pp. 6 Part 1: Specification.

ISO 3632-1, 2011. Saffron (*Crocus Sativus L.*): Specifications (2003 Revised 2011). International Standards Organization, Switzerland: Geneva.

## **J**

Jora, (2007). Journal Officiel de la République Algérienne Les prix à la production et aux différents stades de la distribution des semoules de blé dur, n° 07-402. 8 p.

## **K**

Khazaei, K.M., Jafari, S., Ghorbani, M., Kakhki, A.H., 2014. Application of maltodextrin and gum Arabic in microencapsulation of saffron petal's anthocyanins and evaluating their storage stability and color. *Carbohydr. Polym.* 105, 57–62.

Khorasany, A.R., Hosseinzadeh, H., 2016. Therapeutic effects of saffron (*Crocus sativus L.*) in digestive disorders: a review. *Iran. J. Basic Med. Sci.* 19 (5), 455e469.

Koocheki, A., Moghaddam, P.R., Seyyedi, S.M., 2019. Depending on mother corm size, the removal of extra lateral buds regulates sprouting mechanism and improves phosphorus acquisition efficiency in saffron (*Crocus sativus L.*). *Ind. Crops Prod.* 141, 111779.

Koocheki A. et Khajeh-hosseini M. (2020). Saffron: Science, Technology and Health. In: "Saffron processing". pp. 291-298.

## **L**

Lage, M., & Cantrell, C. L. (2009). Quantification of saffron (*Crocus sativus L.*) metabolites crocins, picrocrocin and safranal for quality determination of the spice grown under different environmental Moroccan conditions. *Scientia Horticulturae*, 12, 366e373.

Liakopoulou-Kyriakides M & Kyriakidis, D. A. (2002). *Crocus sativus* biological active constituents. *Stud. Nat. Prod. Chem.* 26: 293–312.

Lozano, P., Castellar, M., Simancas, M., Iborra, J., 1999. Quantitative highperformance liquid chromatographic method to analyse commercial saffron (*Crocus sativus L.*) products. *J. Chromatogr. A* 830, 477–483.

Lozano, P., Delgado, D., Gómez, D., Rubio, M., Iborra, J.L., 2000. A non-destructive method to determine the safranal content of saffron (*Crocus sativus L.*) by supercritical carbon dioxide extraction combined with high-performance liquid chromatography and gas chromatography. *J. Biochem. Biophys. Methods* 43 (1–3), 367–378.

Loukil D. (2018). Vers un label algérien pour "l'or rouge". *Quotidien national d'information liberté*. N° 7893, 10/07/2018. ISSN 1111- 4290.

## **M**

Maggi, L., Sanchez, A.M., Carmona, M., Charalabos, D.K., Anastasaki, E., Tarantilis, P., Polissiou, M., Alonso, G.L., 2011a. Rapid determination of safranal in the quality control of saffron spice (*Crocus sativus* L.). *Food Chem.* 127, 369e373.

Mashmoul M., Azlan A., Khaza'ai H., Mohd Yusof B .N. et S.Moh Noor (2013), Saffron: A Natural Potent Antioxidant as a Promising Anti-Obesity Drug. *Antioxidants*, 2(4), 293-308.

Mehrnia, M.-A., Jafari, S.-M., Makhmal-Zadeh, B.S., Maghsoudlou, Y., 2016. Crocin loaded nano-emulsions: factors affecting emulsion properties in spontaneous emul-sification. *Int. J. Biol. Macromol.* 84, 261–267.

Mehrnia, M.-A., Jafari, S.-M., Makhmal-Zadeh, B.S., Maghsoudlou, Y., 2017. Rheological and release properties of double nano-emulsions containing crocin prepared with Angum gum,

Melnyk, J.P., Wang, S., Marcone, M.F., 2010. Chemical and biological properties of the world's most expensive spice: saffron. *Food Res. Int.* 43 (8), 1981–1989.

Mercier, S., Villeneuve, S., Mondor, M. & des Marchais, L.-P. (2011). Evolution of porosity, shrinkage and density of pasta fortified with pea protein concentrate during drying. *LWT-Food Science and Technology*, 44, 883-890.

Miceli, A., Francesca, N., Moschetti, G., and Settanni, L. (2015). "The influence of addition of *Borago officinalis* with antibacterial activity on the sensory quality of fresh pasta." *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 2(2), 93-97.

Moghaddasi, M.S., 2010. Saffron chemicals and medicine usage. *J. Med. Plants Res.* 4, 427e430.

Mohtadji-Lamballais, C. (1989). *Les aliments* (pp. 31-66). Editions Malouine, Paris.

Muresan, C., Pop, A., Man, S., Socaci, S., Fărcas, A., Nagy, M., and Rus, B. "The influence of different proportions of *Spirulina* (*Arthrospira plantensis*) on the quality of pasta."

Mzabri, I., Addi, M., Berrichi, A., 2019. Traditional and modern uses of saffron (*Crocus \*Sativus*). *Cosmetics*. 6 (4), 63. Arabic gum and whey protein. *Food Hydrocoll.* 66, 259–267.

## **N**

Nacer B. (2018). Culture du safran Oum à El-Bouaghi. *Quotidien national d'information liberté*. N° 7925. du 16/08/2018. ISSN 1111- 4290.

Negbi M. (1999). Saffron cultivation: Past, Present and future prospects. In: *Saffron (Crocus sativus L)*. Harwood Academic Publisher, USA: 1-18.

## O

Ordoudi, S.A., Tsimidou, M.Z., 2004. Detection of artificial red colorants in saffron sing UV-Vis spectrometry and tristimulus colorimetry. *Acta Hort.* 650, 331e338.

Özyurt, G., Uslu, L., Yuvka, I., Gökdoğan, S., Atci, G., Ak, B., and Işık, O. (2015). "Evaluation of the cooking quality characteristics of pasta enriched with *Spirulina Platensis*." *Journal of Food Quality*, 38(4), 268-272.

## P

Palomares C. (2015). *Le safran précieuse épice ou précieux médicament*. Thèse de Doctorat. Université de Lorraine. p.130.

Papandreou, M.A., Kanakis, C.D., Polissiou, M.G., Efthimiopoulos, S., Cordopatis, P., Margarity, M., Lamari, F.N., 2006. Inhibitory activity on amyloid- $\beta$  aggregation and antioxidant properties of *Crocus sativus* stigmas extract and its crocin constituents. *J.Agric. Food Chem.* 54, 8762–8768.

Petitot, M., Brossard, C., Barron, C., Larré, C., Morel, M.-H., and Micard, V. (2009). "Modification of pasta structure induced by high drying temperatures. Effects on the in vitro digestibility of protein and starch fractions and the potential allergenicity of protein hydrolysates." *Food chemistry*, 116(2), 401-412.

Petitot, M., Boyer, L., Minier, C., and Micard, V. (2010). "Fortification of pasta with split pea and faba bean flours: Pasta processing and quality evaluation." *Food Research International*, 43(2), 634-641.

Pitsikas, N., 2015. The effect of *Crocus sativus* L. and its constituents on memory: basic studies and clinical applications. *Evidence-Based Complementary Altern. Med.* 2015 1e7. <http://dx.doi.org/10.1155/2015/926284>.

## R

Raffio A., Pasquelone A., Sinesi F., Palettif F., Quagliia G., et Simoine R., (2003). Influence of durum wheat cultivar on the sensory profile and staling rate of altamura bread. *European food research and technology*. (218). 49-55p.

Razak S.I.A., Anwar Hamzah M.S., Yee F.C., Kadir M.R.A. & Nayan N.H.M. (2017). A review on medicinal properties of saffron toward major diseases. *J. Herbs Spices Med. Plants*, 23, 98–116.

Renaudin C., (1951). *La fabrication industrielle de pâtes alimentaires*. 2<sup>ème</sup> édition, Ed. Dunod. Paris. 406 p.

Roudaut H., Lefrancq E., (2005). *Alimentation théorique*, Série science des aliments, centre régional de documentation pédagogique d'aquitaine. 305 p.

Rodriguez-Ruiz, V., Barzegari, A., Zulaga, M., Zunooni-Vahed, S., Rahbar-Sadat, Y., Letouneur, D., et al. (2016). Potential of aqueous extract of saffron (*Crocus sativus* L.) in blocking oxidative stress by modulation of signal transduction in human vascular endothelial cells. *Functional food*, 26, 123\_134

Riley, AM. (1987). Breads and pasta in the United States diet. *Cereal Food World*, 32 :460.



## **S**

Samarghandian, S., & Borji, A. (2014). Anticarcinogenic effect of saffron (*Crocus sativus* L.) and its ingredients. *Pharmacognosy Research*, 6(2), 99e107.

Schmidt, M., Betti, G., & Hensel, A. (2007). Saffron in phytotherapy: Pharmacology and clinical uses. *Wiener Medizinische Wochenschrift*, 157, 315e319.

Selselet A. & 1991. Technologie des céréales et produits céréaliers. *Institut de technologie agricole de Mostaganem*, 147 p.

Seczyk, Ł., Świeca, M. & Gawlik-dziki, U. (2016). Effect of carob (*Ceratonia siliqua* L.) flour on the antioxidant potential, nutritional quality, and sensory characteristics of fortified durum wheat pasta. *Food chemistry*, 194, 637-642.

Singh H., et Macritchie F., (2004). Changes in proteins induced by heating gluten dispersions at high temperature. *Journal of cereal Science*. 39 (2). 297-301 p.

Simonato, B., Curioni I, A. & Pasini, G. (2015). Digestibility of pasta made with three wheat types: a preliminary study. *Food chemistry*, 174, 219-225.

Sissons, M.J. (2004). Pasta. In C. Wrigley ; H. Cork, & C. Walker (Eds.), *Encyclopedia of Grain Science*. Oxford: Academic Press.

Srivastava, R., Ahmed, H., & Saraf, S. A. (2010). *Crocus sativus* L.: A comprehensive review. *Pharmacognosy Reviews*, 4(8), 200e208.

## **T**

Tazart, K. (2015). Qualité nutritionnelle des pâtes alimentaires enrichies en légumineuses (Doctoral dissertation, Université Abderrahmane Mira de Béjaia).

Teusher E., Anton R. & Lobstein A. (2005). *Plantes aromatiques : épices, aromates, condiments et Huiles essentielles*. Lavoisier Ed. Illkirch. 2005, pp.429-435.

Tremoliere J., Serviles Y et Acqot R., (1984). *Manuel d'alimentation humaine tome 2, les aliments*. 9<sup>ème</sup> édition. E.D.E.S.F. Paris. 540 p.

Trentesaux E., 1993. Evaluation de la qualité du blé dur. Centre de recherche européen, Marseille, France : 6p.

## **V**

Veladat, R., Zokaee Ashtiani, F., Rahmani, M. & Miri, T. (2012). Review of numerical modeling of pastadrying, a closer look into model parameters. *Asia-Pacific Journal of Chemical Engineering*, 7, 159-170

## **W**

Wagner, M., Della Valle, G., Abecassis, J., Buleon, A., Lourdin, D., Morel, M., and Cuq, B.

"Détermination des propriétés rhéologiques de pâtes alimentaires en cours de cuisson." *Presented at Poster. Actes du 44eme colloque du Groupe Français de Rhéologie, Strasbourg.*

## **Y**

Yasmin S. et Nehvi F.A. (2013). Saffron as a valuable spice: A comprehensive review. *African Journal of Agricultural Research*, 8(3), 234-242

Yilmaz, A., Nyberg, N., Mølgaard, P., Asili, J., Jaroszewski, J., 2010. H NMR metabolic fingerprinting of saffron extracts. *Metabolomics* 6 (4), 511–517.

## **Z**

Zarinkamar, F., Tajik, S., Soleimanpour, S., 2011. Effects of altitude on anatomy and concentration of crocin, picrocrocin and safranal in *Crocus sativus* L. *Australian J. Crop Sci.* 5, 831–838.

Zhao H., Fan W., Dong J., Lu J., Chen J., Shan L., Lin Y., et Kong W. 2008. Evaluation of antioxidant activities and total phenolic contents of typical malting barley varieties. *Food Chemistry*. 107: 296-304.

## Résumé

L'objectif de ce travail s'articule autour de l'incorporation de safran dans la fabrication des pâtes alimentaires type "Tagliatelles" et la détermination de l'impact de cette incorporation sur la qualité nutritionnelle, les propriétés culinaires et l'activité antioxydante du produit fini par comparaison à un témoin sans ajout. Trois taux d'incorporations sont étudiés (0,03% ,0,06% et 0,09%). Les matières premières sont soumises à des analyses physico-chimiques et des tests culinaires. Pour les pâtes enrichies, Nos résultats analytiques ont montré une amélioration des teneurs en cendres, en taux d'humidité et une bonne qualité culinaire caractérisée par : une capacité d'absorption élevée, des pertes à la cuisson inférieures à celles du témoin et diminution du temps de cuisson. Une amélioration est aussi enregistrée pour l'activité antioxydante et en composés bioactifs du safran correspondant à l'augmentation des taux d'incorporation de safran. Au vu de l'évaluation de plusieurs concentrations d'incorporations, il apparaît que la concentration à 0,03 % est suffisante compte tenu de la faible variabilité des valeurs des paramètres étudiés. Les résultats de cette étude préliminaire sur l'utilisation du safran en tant qu'ingrédient dans les pâtes alimentaires pourront constituer une référence à exploiter dans des recherches ultérieures visant à approfondir la connaissance et les applications de cette épice et de ses composés bioactifs, leur fonctionnalité technologique et leur impact sur la qualité des aliments ainsi que sur la santé des consommateurs.

**Mots clés :** pâte alimentaire, Safran, Crocine, Picrocrocine, safranal, Aliment fonctionnel

The objective of this work revolves around the incorporation of saffron in the manufacture of pasta type "Tagliatelle" and the determination of the impact of this incorporation on the nutritional quality, culinary properties and antioxidant activity of the finished product compared to a control without addition. Three incorporation rates were studied (0.03%, 0.06% and 0.09%). Raw materials are subjected to physicochemical analysis and culinary tests. For the enriched pasta, our analytical results showed an improvement in ash content, moisture content and a good culinary quality characterized by: a high absorption capacity, cooking losses inferior to those of the control and a decrease in cooking time. An improvement is also recorded for the antioxidant activity and in bioactive compounds of the saffron corresponding to the increase of the rates of incorporation of saffron. In view of the evaluation of several concentrations of incorporations, it appears that the concentration to 0,03 % is sufficient considering the weak variability of the values of the studied parameters. The results of this preliminary study on the use of saffron as an ingredient in pasta could constitute a reference to be exploited in further research aimed at deepening the knowledge and applications of this spice and its bioactive compounds, their technological functionality and their impact on the quality of food as well as on the health of consumers.

**Key words:** food paste, saffron, picrocrocine, safranal, Functional food